

**UNTERSUCHUNGEN
ZUR ALTERSBESTIMMUNG AN ZÄHNEN**

Hermann Rudolf Hiemer

1975

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität München
(Leiter: Prof. Dr. W. Spann)

UNTERSUCHUNGEN
ZUR ALTERSBESTIMMUNG AN ZÄHNEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilian-Universität zu München

vorgelegt von

Hermann Rudolf Hiemer

München

1975

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Liebhardt
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. Spann
Dekan:	Prof. Dr. Spann
Tag der mündl. Prüfung:	25.11.1975



INHALTSVERZEICHNIS

I.	Einleitung	1
II.	Verschiedene Methoden der Altersabgrenzung an Zähnen in kritischer Würdigung	3
III.	Eigene experimentelle Untersuchungen	9
	A Untersuchungsmaterial und Technik	
	B Meßergebnisse	
IV.	Statistische Untersuchung der Meßergebnisse und deren Auswertung	29
V.	Diskussion	69
VI.	Literaturverzeichnis	76

I Einleitung

Mit dieser Arbeit gilt es den Nachweis zu erbringen, daß eine Altersabgrenzung bei unbekannten Toten zu Identifizierungszwecken mittels Vermessung von Zahnschliffen möglich ist.

Vor allem in den letzten drei Jahrzehnten kommt es bei Verkehrsunfällen immer häufiger durch hohe Geschwindigkeiten, große Druckschwankungen infolge von Explosionen u.ä. zu Verstümmelungen der tödlich verunglückten Personen, die eine Identifizierung im herkömmlichen Sinne unmöglich machen. Es sei dabei erinnert an das Flugzeugunglück 1972 auf Teneriffa (9) oder den Eisenbahnzusammenstoß 1975 bei Holzkirchen in Bayern.

Aber auch bei durch andere Gewalteinwirkungen zu Tode gekommenen Personen kann es durch Verwesung unmöglich werden, auch nur eine an-

nähernde Beschreibung der Leiche als Identifizierungshilfe zu erhalten. Hier seien die dem Sexualverbrecher J. Bartsch zum Opfer gefallenem Kinder erwähnt, deren Leichen 1966 bei Langenberg entdeckt wurden(16).

In derartigen Situationen kann der Zahnarzt zur wertvollen oder u.U. einzigen Hilfe für den Gerichtsmediziner werden. Das Gebiß zählt neben dem Skelet zu dem gegen Verwesung und Zerstörung durch hohe Temperaturen widerstandsfähigsten Gewebe des menschlichen Körpers. Gerade bei stark verstümmelten bzw. verwesenen Leichen diene die genaue Beschreibung des Gebisses bzw. des Zahnersatzes der Identifizierung. Eine Aussage über das etwaige Alter kann aber - mit Ausnahme von Kindern bis ca. vierzehn Jahren - durch alleinige Beschreibung des Gebißzustandes nicht gemacht werden. Hierzu sind besondere Untersuchungstechniken und Meßverfahren nötig.

II Verschiedene Methoden der Altersabgrenzung an Zähnen in kritischer Würdigung

Die Altersbestimmung durch Zähne wird in vier Abschnitte eingeteilt (3):

- a) intrauterine Zeit
- b) Lebensabschnitt zwischen Geburt und erster Dentition
- c) Zeit der ersten und zweiten Dentition
- d) Zeit nach Ablauf der zweiten Dentition.

Für die Altersbestimmung des Feten gibt es entwicklungsgeschichtliche Festpunkte; der Entwicklungsstand der Zahnanlagen ist hierzu nicht unbedingt nötig.

Für eine Altersabgrenzung während der ersten zwölf bis vierzehn Lebensjahre gibt das Milch- und Wechselgebiß viele Anhaltspunkte. So kann anhand der Mineralisierung, des Durchbruchstadiums, des Wurzelwachstums und von Röntgenaufnahmen relativ leicht eine Abgrenzung vorgenommen werden (10, 11, 15, 16).

Am wenigsten geeignet für eine Altersabgrenzung ist das Gebiß der Vierzehn- bis Zwanzigjährigen. Das Wurzelwachstum ist (mit Ausnahme der sog. Weisheitszähne) abgeschlossen, bleibende Veränderungen aufgrund physiologischer Abnutzung sind im Regelfall noch nicht vorhanden.

Am Gebiß des Erwachsenen sind physiologische Veränderungen der Zahnhartsubstanzen mit zunehmendem Alter schon länger bekannt, in Einzelfällen bereits seit Ausgang des 19. Jahrhunderts (17).

Thoma (20) nimmt die Abrasion der Zähne als Anhaltspunkt und bringt verschiedene Grade der sog. physiologischen Abkautung mit dem Alter in Übereinstimmung. Die Abrasion aber ist derart verschiedenen Einflüssen unterworfen, daß sie als noch dazu einziger Anhaltspunkt zur Altersabgrenzung nicht herangezogen werden kann. Es sei dabei nur frühzeitiger Zahnverlust mit Auflösung der Stützzonen, schlechte allgemeine Minerali-

sierung der Zahnhartsubstanzen oder Art der Ernährung erwähnt. Auch atypische Kaubewegungen, wie sie bei Bruxismus auftreten, haben eine verstärkte Abrasion einzelner Zähne bzw. ganzer Zahngruppen zur Folge.

Die Methode nach Gustafson (8), bei der mehrere altersbedingte Veränderungen des Zahnes in einem Schema zusammengefaßt sind, weist gute Erfolge bei der Altersabgrenzung auf. Das größte Negativum seiner Methode stellt sich in der rein subjektiven Beurteilung dieser Veränderungen. Gustafson selbst weist darauf hin, daß nur geübte Zahnhistologen zu einem fehlerfreien Resultat kommen können.

Mehrere Autoren befaßten sich mit der Aufgabe, meßbare Werte von Veränderungen an Zähnen zu finden, die gut mit dem steigenden Alter korrelieren. So untersuchten Kühns, Gerlach und Sutor (19) den Ca-Gehalt der Zähne. May (12) erarbeitete aufgrund der Angaben o.a. Autoren

eine Methode, die durch Messungen des Aschengehaltes von Dentin zur Altersbestimmung führen sollte. Die weiteren Untersuchungen in dieser Richtung von Förster und Happel (7) erbrachten keine Gesetzesmäßigkeit; der Aschengehalt der Dentinscheiben korreliert nicht mit dem Alter. Eine Erklärung für die schwankende Verkalkungsintensität des Zahndentins finden wir in dem individuell stark unterschiedlichen Stoffwechsel, der von verschiedenen Faktoren wie Erbgut, Umwelt, Ernährung u.a. abhängig ist (10, 11, 21).

Schröder (17) sowie Bang und Rumm (1) führen als genauestes Kriterium für die Altersbestimmung den Grad der Wurzelidentintransparenz an. Es wurden mathematische Formeln für jeden Zahn des Ober- und Unterkiefers erstellt, mit deren Hilfe das Alter nach genauer Vermessung der Transparenz errechnet werden kann. Ein großer Nachteil dieser Methode liegt m.E. darin, daß die Transparenz als einziger Parameter berücksichtigt wird. Eine Abweichung

vom Normwert führt sehr schnell zur Fehlschätzung.

Falter vermaß Zahnschliffe, wobei acht Parameter untersucht wurden. Es zeigte sich, daß nur die Pulpenlänge im Verhältnis zur Transparenz des Wurzelodontins brauchbare Werte für die Altersbestimmung ergab. Da bei dieser Arbeit (5) nur extrahierte Zähne lebender Personen untersucht wurden, ergeben sich zwei Probleme:

1. Handelte es sich tatsächlich bei dem Untersuchungsmaterial um vollkommen gesunde Zähne, so daß eine pathologische Veränderung ausgeschlossen werden kann?
2. Die untersuchten Zähne stammten aus einem relativ eng begrenzten Altersbereich. Es gilt zu überprüfen, ob die errechnete gute Korrelation sich auch bei einem breiteren Altersbereich aufzeigt.

In der vorliegenden Arbeit werden ausschließlich gesunde Zähne von Leichen aus dem Institut für Rechtsmedizin zur Überprüfung herangezogen, wobei nach Möglichkeit von einem Individuum mehrere Zähne verschiedener Zahngruppen (also Incisivi, Canini und Prämolaren) Verwendung finden. Der Altersbereich von 23 bis 56 Jahren wird durch die Vermessung der hergestellten Zahnschliffe gut abgedeckt. Es gilt zu überprüfen, ob sich die Werte von Falter (sie umfassen in erster Linie den Altersbereich von 40 bis 75 Jahren) in die nachfolgend erhaltenen Meßergebnisse integrieren lassen. Gelingt es, die Werte dieser Arbeit und der von Falter zusammenzufügen ohne daß sich ein Knick oder Sprung in der Kurve zeigt, so spricht dies eindeutig für die Objektivität der Methode.

Weiter ist zu prüfen, ob bei jüngeren Jahrgängen eventuell außer den beiden o. a. Parametern andere Veränderungen am Zahn zur Altersbestimmung herangezogen werden können.

III Eigene experimentelle Untersuchungen

A Untersuchungsmaterial und Meßtechnik

Die Zähne wurden - wie bereits erwähnt - von Leichen entnommen, die sich im Institut für Rechtsmedizin zur Sektion befanden. Nach Möglichkeit wurden von einer Person mehrere gesunde Zähne extrahiert. Die Zähne wurden in Gipsblöcke gebettet und parallel zur Achsenrichtung in mesio-distaler Richtung beschliffen, bis das Pulpenkavum vollkommen freilag, anschließend mit feinem Sandpapier geglättet.

Die fertiggestellten Schliffe wurden unter dem Auflichtmikroskop bei 20-facher Vergrößerung nach folgenden fünf Parametern vermessen:

1. Länge des Zahnes von der Schneidekante bzw. Höckerspitze bis zum foramen apicis
2. Länge des Pulpenkavums
3. Breite des Zahnes am collum
4. Breite der Pulpa am collum
5. Transparenz des Wurzelodontins

B Meßergebnisse

Die in den nachfolgend aufgeführten Tabellen und Diagrammen verwendeten Abkürzungen bedeuten:

I, C bzw. P	: Incisivus, Caninus, Prämolare
L_z bzw. L_p	: Länge des Zahnes bzw. der Pulpa
B_{zc} / B_{pc}	: Breite des Zahnes / der Pulpa am collum
T_{WD}	: Transparenz des Wurzel-dentins
Q	: Quotient aus L_p zu T_{WD}

Die Meßwerte verstehen sich als Längenangaben in μ m, soweit es sich nicht um Verhältniszahlen handelt.

Zur Erläuterung der Tabellen und Diagramme

- | | |
|-----------|--|
| Tabelle 1 | : Meßwerte der 103 angefertigten Zahnschliffe mit Kennzeichnung der Probanden, des Alters und der Zahngruppe |
| Tabelle 2 | : Alter und Durchschnittswert für Q bei Probanden mit mehreren Zähnen |

Diagramm 1 : Q in Abhängigkeit vom Alter
für die 103 untersuchten Zähne

Diagramm 2 : wie Diagramm 1, nur Gruppe der
Incisivi

Diagramm 3 : wie Diagramm 1, nur Gruppe der
Canini

Diagramm 4 : wie Diagramm 1, nur Gruppe der
Prämolaren

Diagramm 5 : Q in Abhängigkeit vom Alter,
wobei für Probanden mit mehreren
Zähnen jeweils das arithmetische
Mittel errechnet ist.

Tabelle 3 : Werte von Falter

Diagramm 6 : wie Diagramm 1, ergänzt mit den
Werten aus Tabelle 3 (gekennzeichnet
durch o)

Tabelle 1

lfd. Nr.	Pro band	Alter	Zahn	L _z	L _p	B _{zc}	B _{pc}	m _{WD}	Q	$\frac{100}{\text{Alter}}$	log.Q
1	1	23	I	24480	19440	7056	2448	1224	15.88	4.34	1.20
2	1	23	I	22320	18000	6768	1872	1296	13.88	4.34	1.14
3	1	23	C	27000	22320	7560	1584	1800	12.40	4.34	1.09
4	2	23	I	22896	19152	5760	864	2160	8.86	4.34	0.95
5	2	23	C	23760	18360	6840	1800	-----	-----	4.34	-----
6	3	23	I	19980	16132	6031	1702	925	17.55	4.34	1.24
7	3	23	I	18574	14911	6105	1110	925	16.12	4.34	1.21
8	4	24	I	26208	20880	6264	1440	1296	16.11	4.17	1.21
9	4	24	I	25056	21600	5760	1224	-----	-----	4.17	-----
10	5	25	I	24480	18216	6984	1800	1800	10.12	4.00	1.01
11	5	25	C	30816	25416	9720	1944	2304	11.03	4.00	1.04
12	6	26	I	21312	16776	5760	432	-----	-----	3.85	-----
13	6	26	C	24480	19872	8280	1800	1440	13.8	3.85	1.14
14	7	26	C	23760	19800	8640	2160	2592	7.64	3.85	0.88
15	8	26	I	24360	19080	7200	1584	1584	12.05	3.85	1.08
16	8	26	I	24912	20232	6048	1152	1080	18.73	3.85	1.27
17	8	26	P	25200	20016	8640	4320	1440	13.9	3.85	1.14
18	9	26	I	28638	22422	6475	1443	2035	11.01	3.85	1.04

Tabelle 1

lfd. Nr.	Pro band	Alter	Zahn	L _Z	L _p	B _{ZC}	B _{pc}	T _{WD}	Q	$\frac{100}{\text{Alter}}$	log.Q
19	9	26	I	26455	21830	6179	2035	1701	12.8	3.85	1.11
20	9	26	C	25086	20686	7252	1295	1998	10.4	3.85	1.02
21	10	27	C	22533	18389	7595	1850	1665	11.04	3.70	1.04
22	11	28	I	27360	22320	6840	1800	2520	8.86	3.57	0.95
23	11	28	I	25560	20520	7056	1296	1800	11.40	3.57	1.06
24	11	28	C	32400	27360	9072	3096	3600	7.60	3.57	0.88
25	12	28	I	22752	18432	6480	1440	2160	8.53	3.57	0.93
26	13	29	I	21312	16272	5400	1080	2160	7.53	3.45	0.88
27	13	29	C	28440	23040	7920	2016	3600	6.40	3.45	0.81
28	14	29	I	23328	20088	5760	1296	2160	9.30	3.45	0.97
29	14	29	I	23544	20664	5616	1440	2220	9.57	3.45	0.98
30	15	29	I	22752	15912	6840	1296	1440	11.05	3.45	1.04
31	15	29	I	18000	13680	6120	1380	----	-----	3.45	----
32	15	29	C	27360	22896	8280	2520	2880	7.95	3.45	0.90
33	16	30	I	20160	16200	6120	1728	2520	6.43	3.33	0.81
34	16	30	C	22464	18504	7200	2160	2880	6.43	3.33	0.81
35	17	30	C	26136	20520	8424	3240	3240	6.33	3.33	0.80
36	17	30	P	22680	17856	8064	3888	2880	6.20	3.33	0.79

Tabelle 1

lfd. Nr.	Pro band	AlterZahn	L _z	L _p	B _{zc}	B _{pc}	TWD	Q	100 Alter	log.Q
37	18	32	I	20520	16020	5220	1332	1800	3.13	0.95
38	18	32	C	24480	20268	7020	2520	2160	3.13	0.97
39	18	32	P	20160	15696	7560	2800	2600	3.13	0.78
40	18	32	P	19080	14580	7920	3888	3096	3.13	0.67
41	19	33	I	20498	16095	6771	1332	3145	3.03	0.71
42	19	33	I	19610	16724	5920	999	1961	3.03	0.94
43	19	33	C	26492	22533	8140	2405	2590	3.03	0.94
44	20	33	C	25345	14425	6845	1665	1850	3.03	0.89
45	21	33	I	27158	23014	7326	1332	3330	3.03	0.84
46	21	33	C	28712	24087	8658	1369	3299	3.03	0.86
47	22	34	I	23014	18389	6586	1406	2146	2.94	0.93
48	22	34	I	21904	18019	5624	1147	2225	2.94	0.91
49	22	34	C	23569	19869	6956	1406	2597	2.94	0.88
49a	22a	34	P	22320	16200	9648	3960	1944	2.94	0.92
50	23	35	I	16280	12210	5402	999	1850	2.85	0.82
51	23	35	I	16206	11026	5180	629	4144	2.85	0.42
52	23	35	C	19240	12950	6290	814	2775	2.85	0.63
53	24	35	I	26280	21960	6336	1080	3600	2.85	0.79

Tabelle 1

lfd. Nr.	Pro band	Alter	Zahn	L _z	L _p	B _{zc}	B _{pc}	TWD	Q	$\frac{100}{\text{Alter}}$	log. Q
54	24	35	I	24840	20232	5400	792	2520	8.03	2.85	0.90
55	24	35	P	25920	20520	9504	4824	3240	6.33	2.85	0.80
56	25	36	I	24050	19980	6623	918	2775	7.20	2.77	0.86
57	25	36	I	22348	17242	6068	1480	925	18.64	2.77	1.27
58	25	36	G	27010	22459	8436	2035	3774	5.95	2.77	0.77
59	26	37	I	24480	18720	6336	1224	1440	13.00	2.70	-----*
60	26	37	I	22464	18360	5400	1224	3960	4.64	2.70	0.67
61	26	37	G	24840	20520	7200	1656	2952	6.95	2.70	0.84
62	26	37	P	23040	18720	7920	3384	3600	5.20	2.70	0.72
63	27	38	I	27720	22680	6840	1440	3240	7.00	2.63	0.86
64	27	38	I	25200	20160	6480	1296	2160	9.33	2.63	0.97
65	28	39	G	29664	23688	8424	1296	4320	5.48	2.56	0.74
66	28	39	P	25560	20520	9000	4752	3600	5.70	2.56	0.76
67	28	39	P	23184	18144	9144	3600	3960	5.58	2.56	0.75
68	29	39	I	21090	13431	6290	1110	3330	4.03	2.56	0.61
69	29	39	I	20720	14615	5672	925	1295	11.29	2.56	1.05
70	30	40	G	21600	18720	7344	1440	2880	6.50	2.50	0.81
71	30	40	P	19440	15408	8280	3888	2880	5.35	2.50	0.73

Tabelle 1

lfd. Nr.	Pro band	Alter	Zahn	L _z	L _p	B _{zc}	B _{pc}	T _{WD}	Q	$\frac{100}{\text{Alter}}$	log.Q
72	31	41	I	21830	16835	6660	1110	2590	6.50	2.44	0.81
73	32	41	I	21312	16560	6480	1440	3960	4.18	2.44	0.62
74	32	41	C	32832	27072	9144	2304	5040	5.37	2.44	0.73
75	32	41	P	18360	13680	9000	3600	2520	5.43	2.44	0.74
76	33	43	I	27010	20979	6845	740	6105	3.43	2.33	0.54
77	33	43	I	24124	18574	5920	666	5590	3.32	2.33	0.52
78	33	43	C	31487	26677	8880	1850	5624	4.74	2.33	0.66
79	34	44	I	23544	17784	6120	1080	3384	5.26	2.27	0.72
80	35	44	I	25776	21312	6480	792	4968	4.29	2.27	0.63
81	35	44	I	25200	20880	6120	1080	3888	5.37	2.27	0.73
82	36	45	I	27000	20798	6840	1440	6120	3.40	2.22	0.53
83	36	45	I	23472	16632	5400	1440	4680	3.55	2.22	0.55
84	36	45	C	23040	14976	6480	1380	5040	2.97	2.22	0.47
85	36	45	P	20880	15120	7992	----	2880	5.25	2.22	0.72
86	37	45	I	21978	12802	6512	444	4070	3.14	2.22	0.49
87	37	45	I	15574	10952	5291	----	3404	3.21	2.22	0.51
88	37	45	C	24420	19795	7622	1295	4920	4.02	2.22	0.60
89	38	47	I	23760	16560	6480	1800	4320	3.83	2.13	0.58

Tabelle 1

lfd. Nr.	Pro band	Alter	Zahn	L _Z	L _P	B _{Zc}	B _{Pc}	T _{WD}	Q	100 Alter	log.Q
90	38	47	C	30240	25200	7200	2160	5040	5.00	2.13	0.70
90a	38a	47	P	21904	17316	8288	3108	3700	4.68	2.13	0.67
91	39	50	I	19080	14040	5904	936	3960	3.55	2.00	0.55
92	39	50	I	18720	14184	6120	1296	5040	2.81	2.00	0.45
93	39	50	C	22320	18000	7200	1440	5760	3.13	2.00	0.49
94	40	53	I	20520	16200	5400	720	2880	5.63	1.92	0.75
95	40	53	C	23400	19080	6984	1656	3240	5.89	1.92	0.77
96	40	53	P	18936	10656	8640	3600	5760	1.85	1.92	0.27
97	41	54	I	22496	13320	6660	----	3700	3.32	1.85	0.52
98	41	54	C	21850	15625	8510	3885	5180	3.01	1.85	0.48
99	42	54	I	20538	13920	5635	825	2620	5.10	1.85	0.71
100	42	54	P	27750	21719	8066	1776	4810	4.51	1.85	0.65
101	43	56	I	23310	19415	6771	1036	5920	3.28	1.79	0.52
102	43	56	I	19980	15355	6475	518	5254	2.92	1.79	0.47
103	43	56	I	20720	20350	6290	555	5846	3.48	1.79	0.54

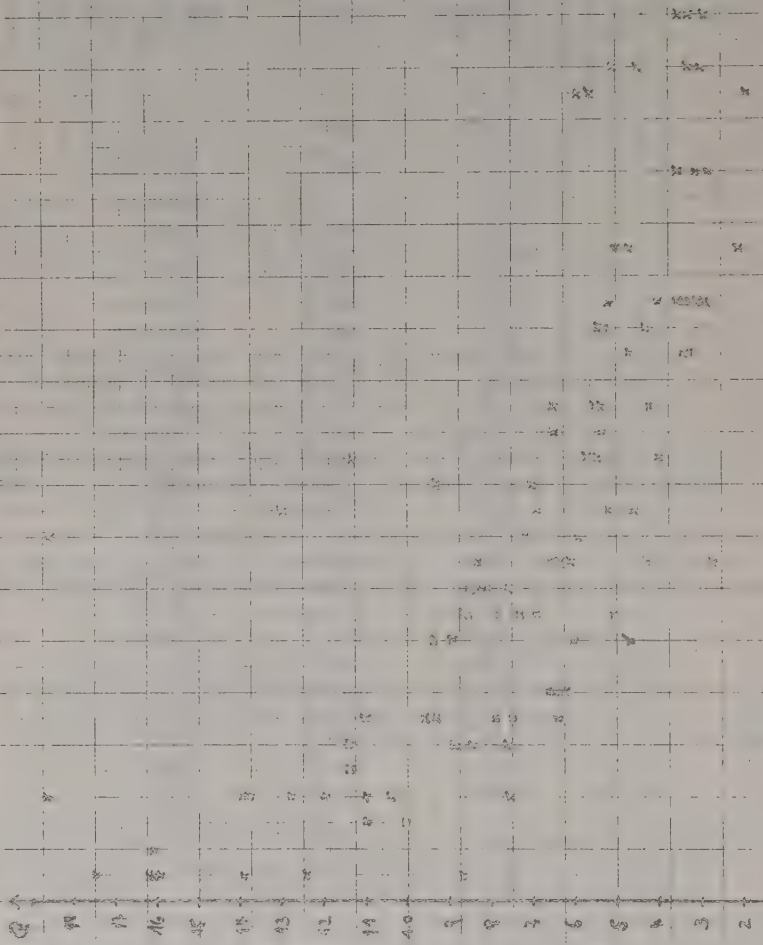
Tabelle 2

Proband	Alter	Q-Durchschnitts- wert
1	23	14.0
2	23	8.9
3	23	16.9
4	24	16.1
5	25	10.5
6	26	7.6
8	26	14.9
9	26	11.4
10	27	11.0
11	28	9.3
12	28	8.5
13	29	7.0
14	29	9.4
15	29	9.5
16	30	6.4
17	30	6.3
18	32	7.3
19	33	8.1
20	33	7.8
21	33	7.0
22	34	8.1
22a	34	8.3

Tabelle 2

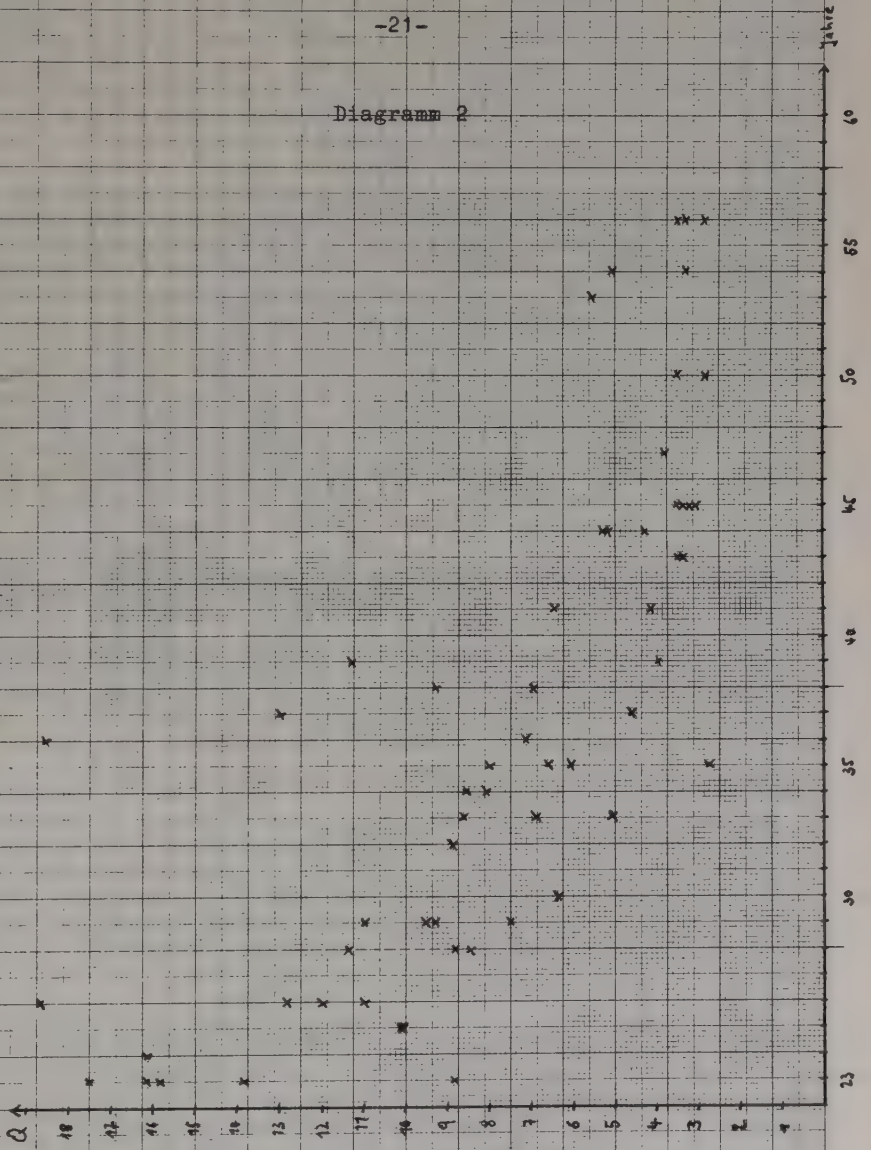
Proband	Alter	Q-Durchschnitts- wert
23	35	5.3
24	35	6.8
25	36	10.6
26	37	5.6
27	38	8.0
28	39	5.6
29	39	7.2
30	40	6.0
31	41	6.5
32	41	5.0
33	43	3.8
34	44	5.3
35	44	4.8
36	45	3.8
37	45	3.8
38	47	4.4
38a	47	4.7
39	50	3.2
40	53	4.5
41	54	3.2
42	54	4.8
43	56	3.2

Diagram 1



-21-

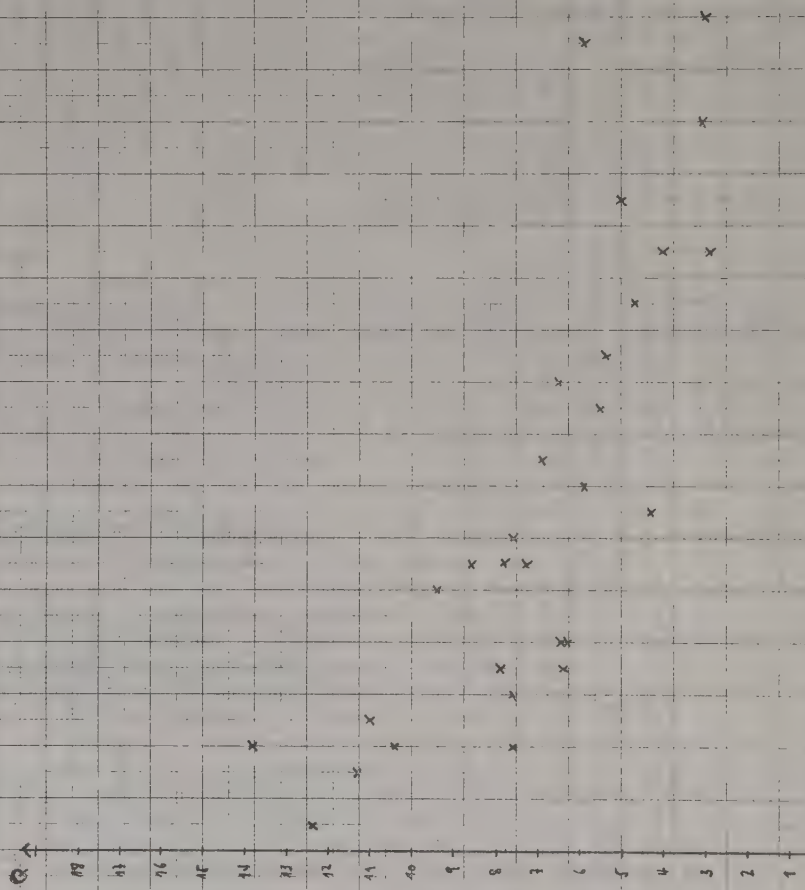
Diagramm 2





-22-

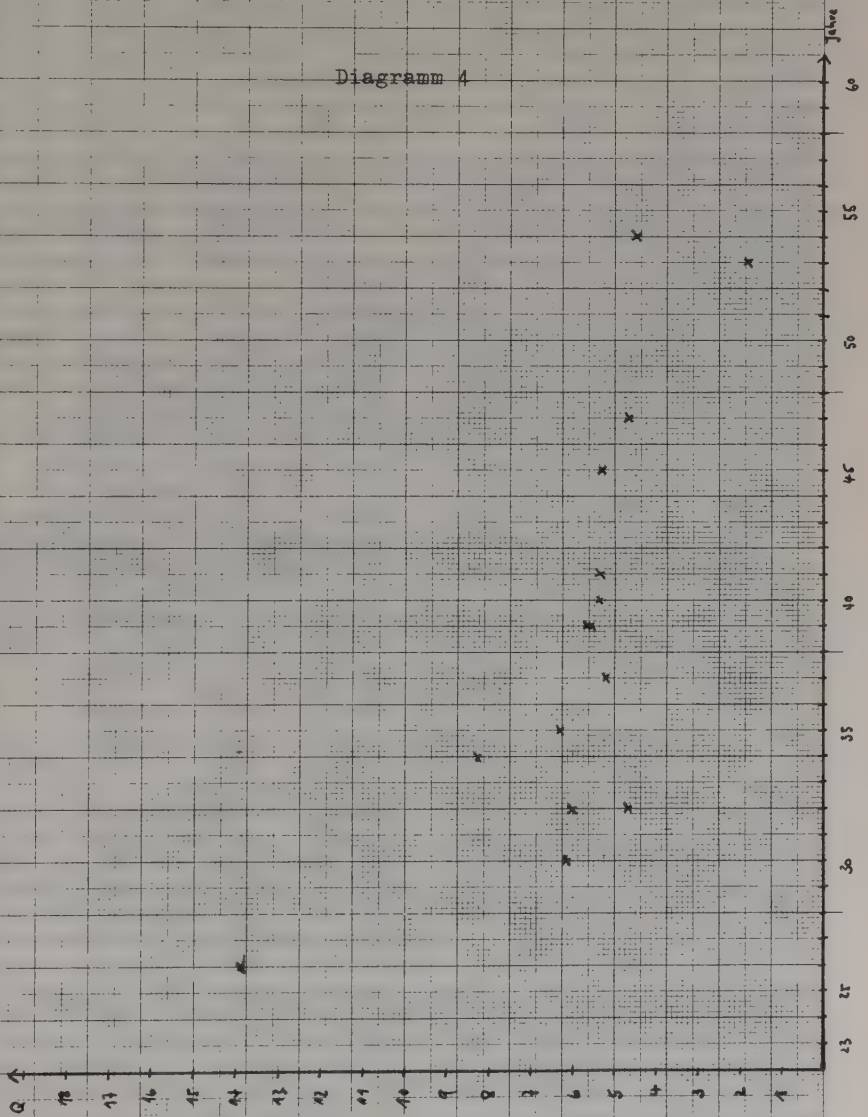
Diagramm 3



Alter (in Jahren)

-23-

Diagramm 4



-24-

Diagramm 5

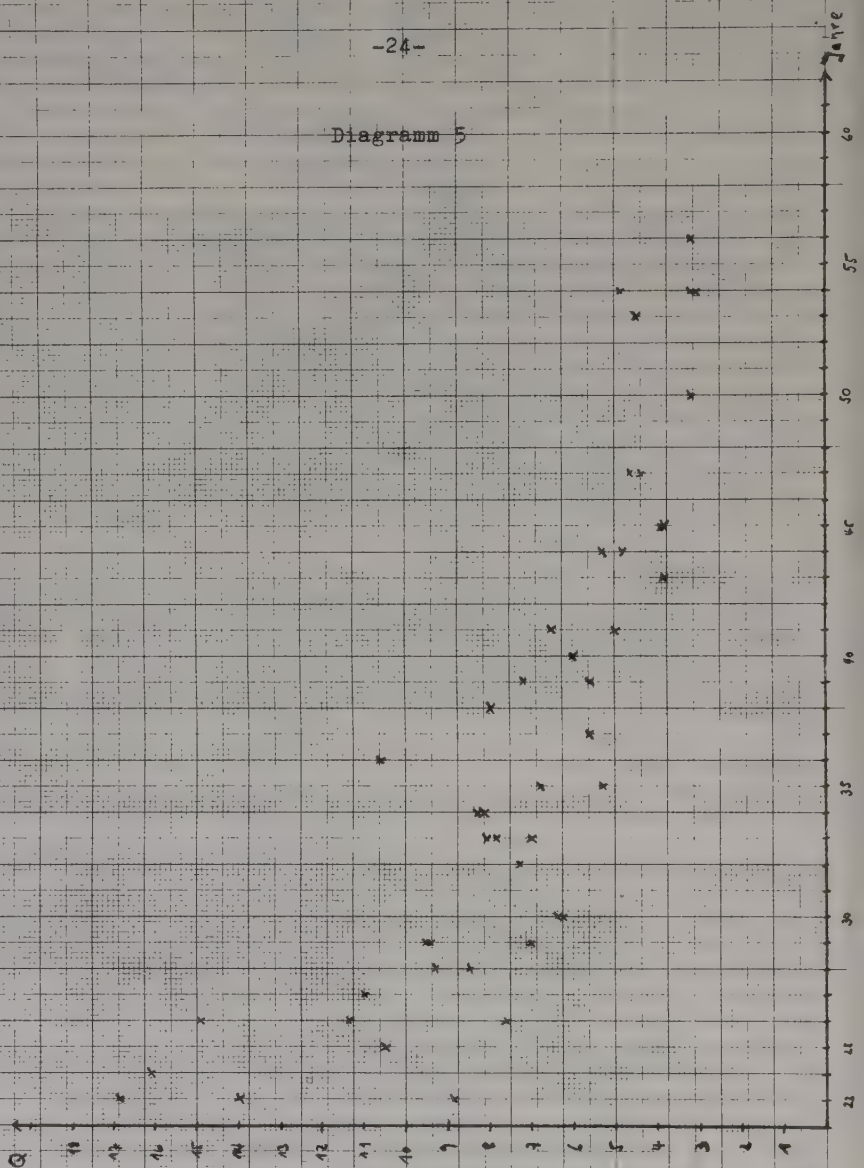


Tabelle 3

Proband	Alter	Q	log Q	$\frac{100}{\text{Alter}}$
1	38	4.41	0.64	2.63
1	38	5.75	0.76	2.63
2	39	3.32	0.52	2.56
2	39	3.80	0.58	2.56
3	44	2.78	0.44	2.27
4	46	2.72	0.43	2.17
5	46	3.32	0.52	2.17
6	46	3.34	0.52	2.17
7	50	2.50	0.40	2.00
8	50	2.72	0.43	2.00
9	51	2.40	0.38	1.96
10	52	2.12	0.33	1.92
10	52	2.52	0.40	1.92
11	54	1.67	0.22	1.85
12	55	1.07	0.03	1.82
13	56	1.43	0.16	1.79
14	56	1.91	0.28	1.79
15	56	1.95	0.29	1.79
16	56	2.62	0.42	1.79

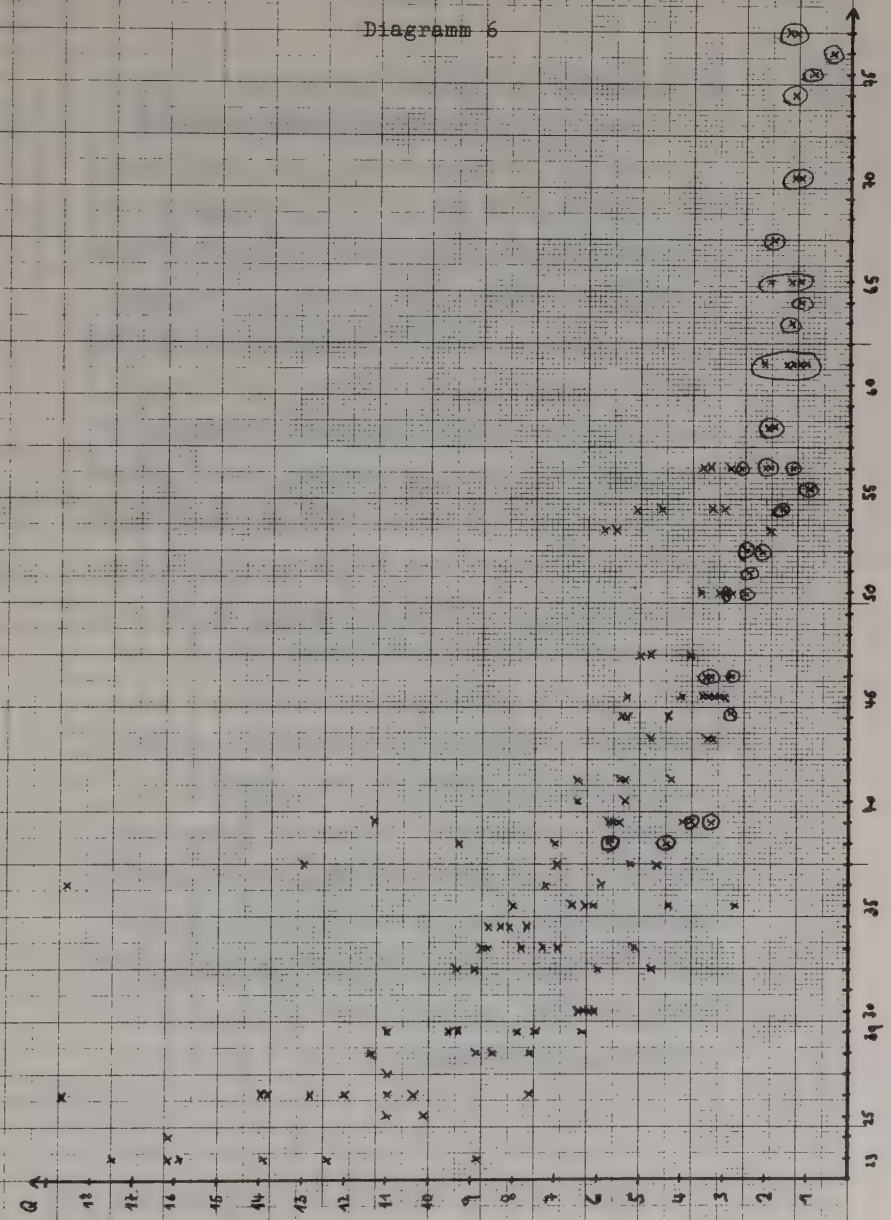
Tabelle 3

Proband	Alter	Q	log Q	$\frac{100}{\text{Alter}}$
17	58	1.82	0.26	1.72
17	58	1.93	0.29	1.72
18	61	1.05	0.02	1.64
19	61	1.14	0.06	1.64
20	61	1.40	0.15	1.64
21	61	1.46	0.16	1.64
22	61	2.07	0.32	1.64
23	63	1.43	0.15	1.59
24	64	1.21	0.08	1.56
25	65	1.18	0.07	1.54
26	65	1.40	0.15	1.54
26	65	1.88	0.27	1.54
27	67	1.76	0.25	1.49
28	70	1.20	0.08	1.43
28	70	1.29	0.11	1.43
29	74	1.34	0.13	1.35
30	75	0.92	-0.04	1.33
31	76	0.40	-0.39	1.32
32	77	1.31	0.12	1.30
32	77	1.39	0.14	1.30



-27-

Diagramm 6



Erläuterungen zu den Meßergebnissen

Die Zahnschliffe mit den laufenden Nummern 5, 9, 12 und 31 wiesen noch keine Transparenz des Wurzel dentins auf. Nr. 59 war wurzelgefüllt und wurde in die weitere Berechnung nicht mit einbezogen. Bei den Nummern 85 und 87 konnte die Pulpenbreite nicht gemessen werden, da sich das Pulpenkavum apikalwärts hinter die Schmelz-Zementgrenze zurückgezogen und das Sekundärdentin das Collum erreicht hatte.

Die Meßwerte für Länge des Zahnes, Breite des Zahnes und Breite der Pulpa zeigten keinerlei Abhängigkeit vom Alter; sie wurden in den weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt.

Der direkte Zusammenhang zwischen Alter und Quotient aus Pulpenlänge zu Transparenz ist aus den Diagrammen deutlich zu ersehen. Im Diagramm 6 fügen sich die aus der Arbeit von Falter (5) übernommenen Werte gut in die Meßreihe ein; die Objektivität dieser Methode zur Altersbestimmung an Zähnen ist somit sichergestellt. Die Werte werden daher im Folgenden miteinbezogen.

IV Statistische Untersuchung der Meßergebnisse und deren Auswertung

Die verwendeten Formeln und Tabellenwerte wurden aus "Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik" von Graf/Henning/Stange entnommen, herausgegeben 1966 in Berlin.

Die Spearmansche Rangkorrelation überprüft allgemein die Abhängigkeit von $Q = L_p : T_{WD}$ zum Alter nach der Formel

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum (l_i - k_i)^2}{n (n^2 - 1)} = \underline{\underline{0.835344}}$$

wobei l_i entspricht den Rangzahlen für das Alter
 k_i entspricht den Rangzahlen für Q .

Bei vollkommener Entsprechung erreicht der Korrelationskoeffizient r den Wert ± 1.00 ; liegt keinerlei Zusammenhang vor, wird r gleich Null;

also gilt

$$-1.00 \leq r \leq +1.00$$

Bei einem Wert für $r = 0.835344$ ist somit eine direkte Abhängigkeit des Q vom Alter bewiesen.

Mit der Regression wird die Abhängigkeit einer Zielgröße ($Q = L_p : T_{WD}$) von einer Einflußgröße (Alter) untersucht. Aus den Diagrammen des Kapitels III ist zu ersehen, daß Q in Abhängigkeit vom Alter keine lineare Funktion ergibt. Um aber für spätere Altersbestimmungen eine brauchbar einfache Ablesefunktion zu erhalten, soll eine lineare Funktion vorausgesetzt werden.

Nachfolgende Regressionsfunktion 1 zeigt die lineare Abhängigkeit der Zielgröße $y \hat{=} Q$ von der Einflußgröße $x \hat{=} \frac{1}{\text{Alter}} \cdot 10^2$, wobei x nicht zufällig veränderlich ist; die Koeffizienten b_0 und b_1 werden als Regressionskoeffizienten bezeichnet.

Regressionsfunktion 1

Die Regressionsgerade lautet

$$y = b_0 + b_1 x \quad \text{d.h.} \quad Q = b_0 + b_1 \left(\frac{100}{\text{Alter}} \right)$$

Für die Berechnung werden folgende Hilfswerte benötigt:

$$\begin{aligned} S_x &= 360.056 & ; & S_y = 810.57 \\ S_{xx} &= 1023.8259 & ; & S_{yy} = 6913.8138 \\ S_{xy} &= 2488.55 & ; & n = 139 \\ \bar{x} &= 2.59 & ; & \bar{y} = 5.83 \end{aligned}$$

$$s_{xx} = S_{xx} - \frac{(S_x)^2}{n} = 91.1617$$

$$s_{xy} = S_{xy} - \frac{S_x \cdot S_y}{n} = 388.9055$$

$$s_{yy} = S_{yy} - \frac{(S_y)^2}{n} = 2187.0244$$

$$b_1 = \frac{s_{xy}}{s_{xx}} = 4.27$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = -5.22$$

Somit lautet die Regressionsgerade:

$$\begin{aligned} \text{d.h. } y &= -5.22 + 4.27 x \\ Q &= -5.22 + 4.27 \left(\frac{100}{\text{Alter}} \right) \\ &===== \end{aligned}$$

Diese Schätzfunktion gilt nur für x-Werte aus dem tatsächlich untersuchten Bereich.

Für die Varianz gilt

$$s_r = \frac{s_{yy}}{n-2} \left(1 - \frac{(s_{xy})^2}{s_{xx}s_{yy}} \right) = 3.8534$$

=====

Der Korrelationskoeffizient errechnet sich zu

$$r = \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_{xx}s_{yy}}} = 0.8336$$

=====

Vertrauensbereiche der Regressionsfunktion 1

$$b_0 - t_1 - (\alpha/2); f \cdot \sqrt{\frac{s_{xx}}{n s_{xx}}} \leq b_0 \leq b_0 + t_1 - (\alpha/2); f \cdot \sqrt{\frac{s_{xx}}{n s_{xx}}}$$

$$b_0 - 3.69 \leq b_0 \leq b_0 + 3.69$$

=====

Der Bereich $-8.91 \leq b_0 \leq -1.53$ enthält bei einem Freiheitsgrad $f=n-2=137$ und einer statistischen Sicherheit $S=1-\alpha=99.9\%$ den Regressionskoeffizienten b_0 der Regressionsgeraden 1.

$$b_1 - t_1 - (\alpha/2) \cdot \frac{f \cdot s}{\sqrt{s_{xx}}} \leq b_1 \leq b_1 + t_1 - (\alpha/2) \cdot \frac{f \cdot s}{\sqrt{s_{xx}}}$$

$$b_1 - 1.36 \leq b_1 \leq b_1 + 1.36$$

=====

Der Bereich $2.91 \leq b_1 \leq 5.63$ enthält mit gleichem FG und gleicher Sicherheit wie b_0 den Regressionskoeffizienten b_1 der Regressionsgeraden 1.

Der Vertrauensbereich für die Gerade lautet somit

$$\begin{aligned} \text{d.h. } y &= (-5.22 \pm 3.69) + (4.27 \pm 1.36) x \\ Q &= (-5.22 \pm 3.69) + (4.27 \pm 1.36) \frac{100}{\text{Alter}} \end{aligned}$$

=====

Zweiseitig abgegrenzter Toleranzbereich
für y der Regressionsfunktion 1

Hilfsgröße n' :
$$n' = \frac{n}{1 + \frac{n(\bar{x} - \bar{x})^2}{s_{xx}}}$$

Der Bereich $(\hat{y} - k_T \cdot s) \dots (\hat{y} + k_T \cdot s)$
mit $k_T = r(n'; 1-\gamma) \cdot v(n-2; 1-\alpha)$ enthält mit
der Sicherheit $S = 1 - \alpha$ (entsprechend 95 %)
den Anteil $(1-\gamma)$ (entsprechend 90 %) der Ver-
teilung von y , falls $n \geq 5$ ist.

Es ergeben sich folgende y -Werte:

für $x = \bar{x}$ $n' = n = 139$; $k_T \cdot s = 7.05$
 $(\hat{y} - 7.05) \dots (\hat{y} + 7.05)$

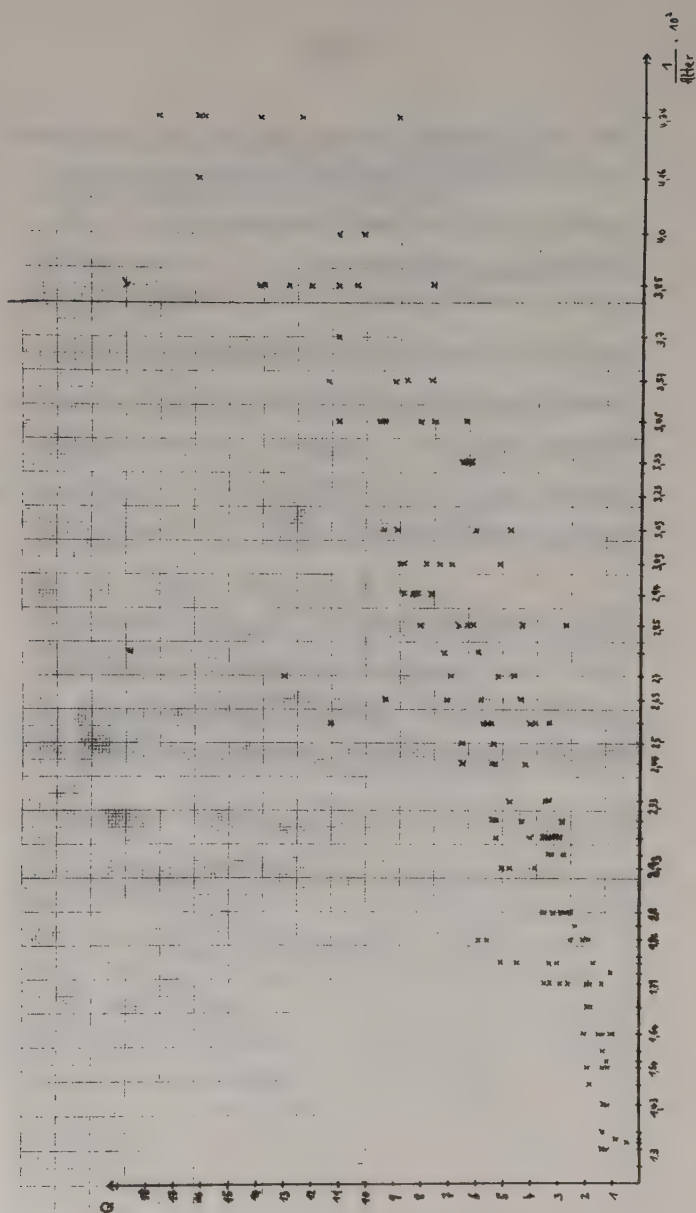
für $x = 1.49 \left(\frac{100}{69} \right)$ $n' = 48.94$; $k_T \cdot s = 7.09$
 $(\hat{y} - 7.09) \dots (\hat{y} + 7.09)$

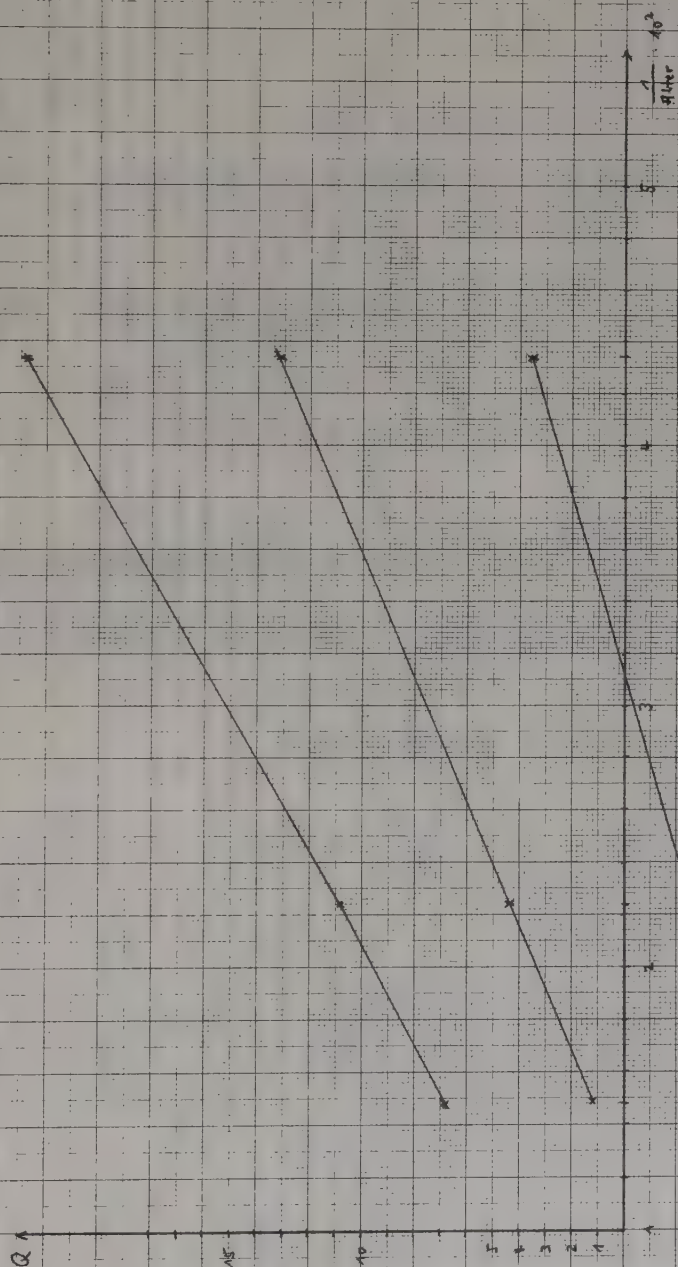
für $x = 4.16 \left(\frac{100}{24} \right)$ $n' = 29.20$; $k_T \cdot s = 7.14$
 $(\hat{y} - 7.14) \dots (\hat{y} + 7.14)$

Die nachfolgenden Seiten zeigen die Diagramme für die Meßwerte (S.36), den Vertrauensbereich (S.37) und den Toleranzbereich (S.38) der Regressionsfunktion 1.

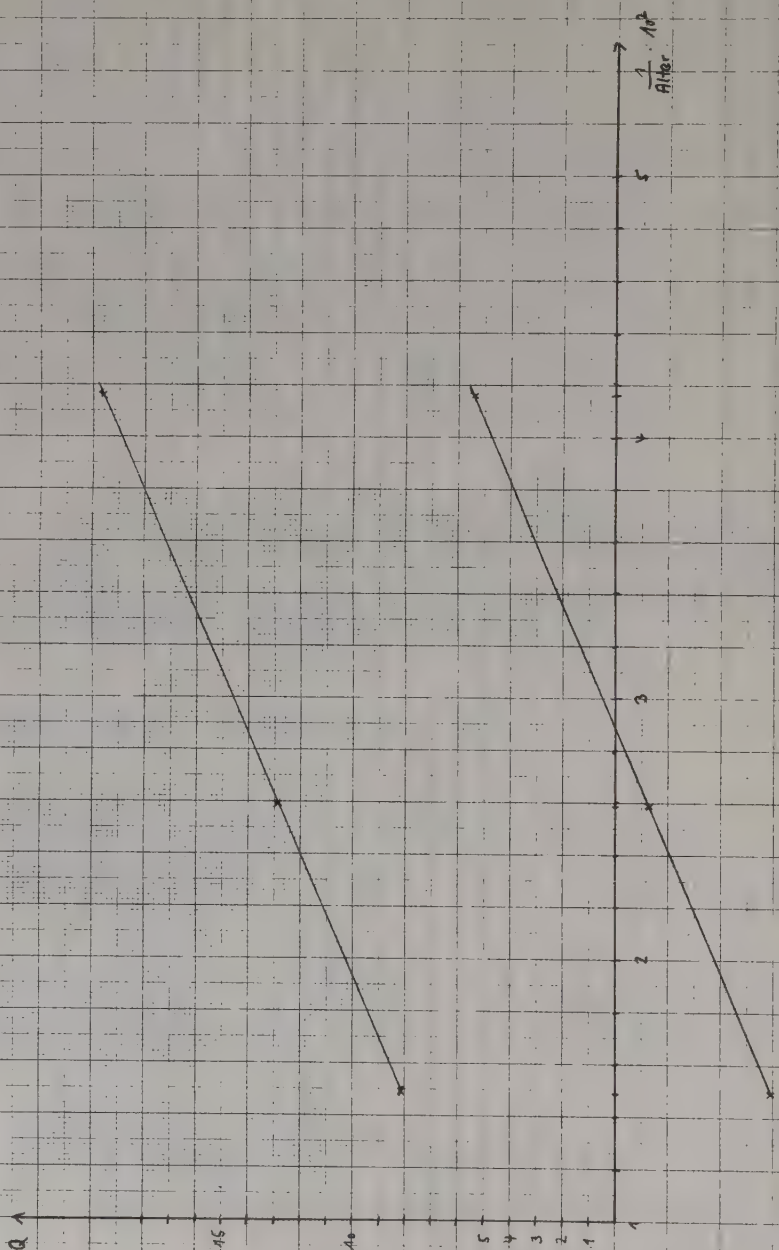
Für Regressionsfunktion 1 ergibt sich trotz guter Korrelation ein sehr breiter Vertrauensbereich sowie ein zu großer Toleranzbereich, so daß eine zufriedenstellende Altersabgrenzung hiermit nicht möglich ist.

Eine andere Möglichkeit, die hyperbelartige Kurve - wie sie sich aufgrund von Diagramm 6 ergibt - in eine lineare Funktion überzuführen, bietet eine logarithmische Funktion.





-38-



Regressionsfunktion 2 zeigt die lineare Abhängigkeit der Zielgröße $y \triangleq \log Q$ von der Einflußgröße $x \triangleq \text{Alter}$.

Regressionsfunktion 2

Die Regressionsgerade lautet

$$y = b_0 + b_1 x \quad \text{d.h.} \quad \log Q = b_0 + b_1 \cdot (\text{Alter})$$

Für die Berechnung werden folgende Hilfswerte benötigt:

$$\begin{aligned} S_x &= 5922 & ; & S_y = 91.216 \\ S_{xx} &= 277896 & ; & S_{yy} = 74.7491 \\ S_{xy} &= 3307.77 & ; & n = 139 \\ \bar{x} &= 40.446 & ; & \bar{y} = 0.65623 \\ s_{xx} &= 25593.2374 & ; & s_{xy} = -578.4253 \\ s_{yy} &= 14.8904 \\ b_1 &= -0.0226 & ; & b_0 = 1.5703 \end{aligned}$$

Somit lautet die Regressionsgerade:

$$\begin{aligned} y &= 1.57 - 0.023 x \\ \text{d.h.} \quad \log Q &= 1.57 - 0.023 \cdot (\text{Alter}) \\ &===== \end{aligned}$$

Diese Schätzfunktion gilt nur für x -Werte aus dem tatsächlich untersuchten Bereich.

Die Varianz errechnet sich zu

$$s_r = 0.06659$$

=====

Der Korrelationskoeffizient errechnet sich zu

$$r = -0.937$$

=====

Vertrauensbereiche der Regressionsfunktion 2

Der Bereich

$$b_0 - 0.06 \leq b_0 \leq b_0 + 0.06$$

=====

enthält bei einem Freiheitsgrad $f=n-2=137$ und einer statistischen Sicherheit $S=1-\alpha=99.9\%$ den Regressionskoeffizienten b_0 der Regressionsgeraden 2.

Der Bereich

$$b_1 - 0.0014 \leq b_1 \leq b_1 + 0.0014$$

=====

enthält bei gleichem Freiheitsgrad und gleicher statistischer Sicherheit den Regressionskoeffi-

zienten b_1 der Regressionsgeraden 2.

Der Vertrauensbereich für die Gerade lautet somit

$$\begin{aligned} \text{d.h.} \quad & y = (1.57 \pm 0.06) - (0.023 \pm 0.0014) x \\ & \log Q = (1.57 \pm 0.06) - (0.023 \pm 0.0014) \text{Alter} \\ & \text{=====} \end{aligned}$$

Zweiseitig abgegrenzter Toleranzbereich

für y der Regressionsfunktion 2

Der Bereich $(\hat{y} - k_T \cdot s) \dots (\hat{y} + k_T \cdot s)$
mit $k_T = r(n'; 1-\gamma) \cdot v(n-2; 1-\alpha)$ enthält mit
der Sicherheit $S = 1-\alpha$ (entsprechend 95%)
den Anteil $(1-\gamma)$ (entsprechend 90%) der Ver-
teilung von y, falls $n \geq 5$ ist.

Es ergeben sich folgende y-Werte:

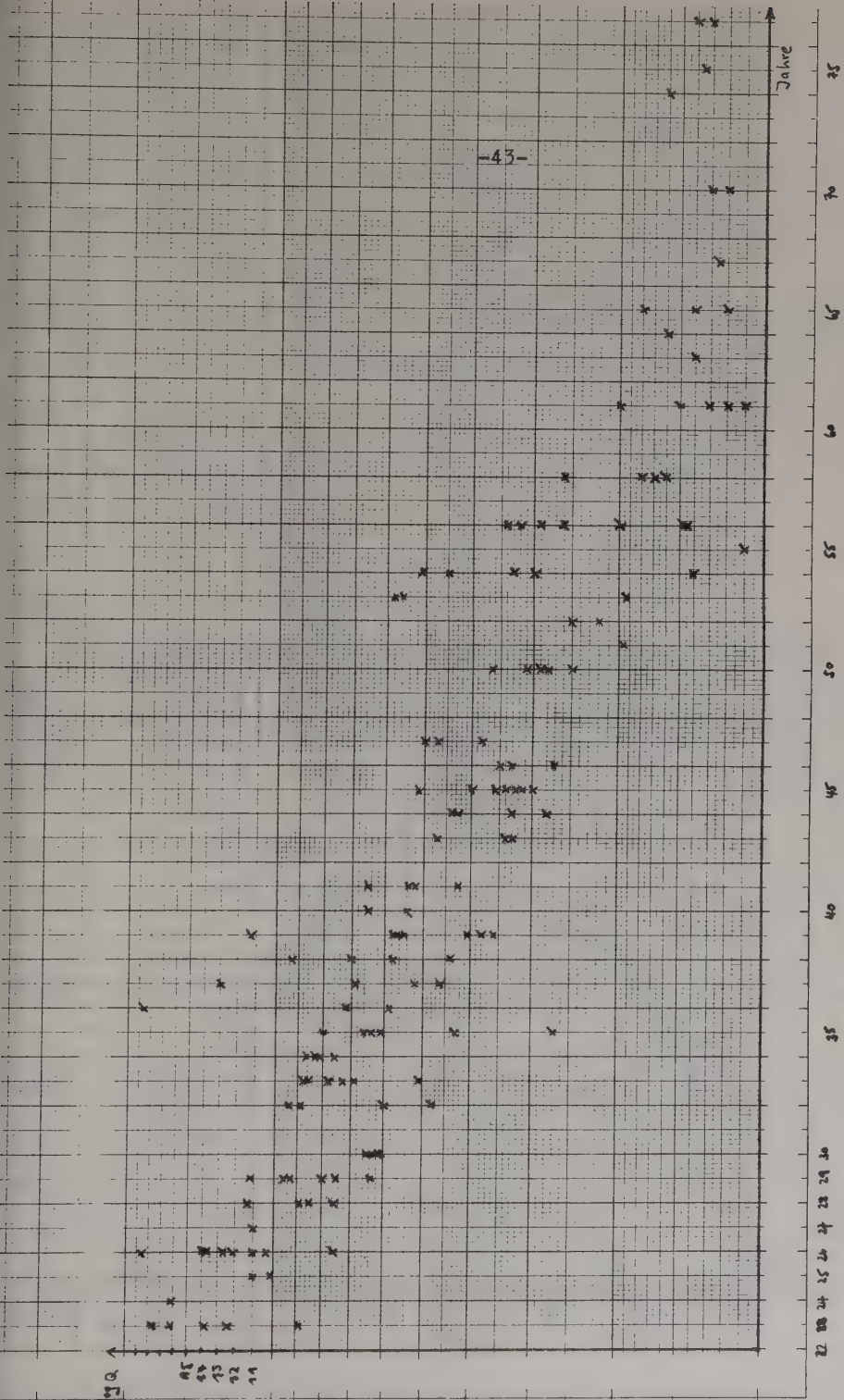
$$\begin{aligned} \text{für } \underline{x = \bar{x}} \quad & n' = n = 139; k_T \cdot s = 0.12 \\ & \underline{(\hat{y} - 0.12) \dots (\hat{y} + 0.12)} \end{aligned}$$

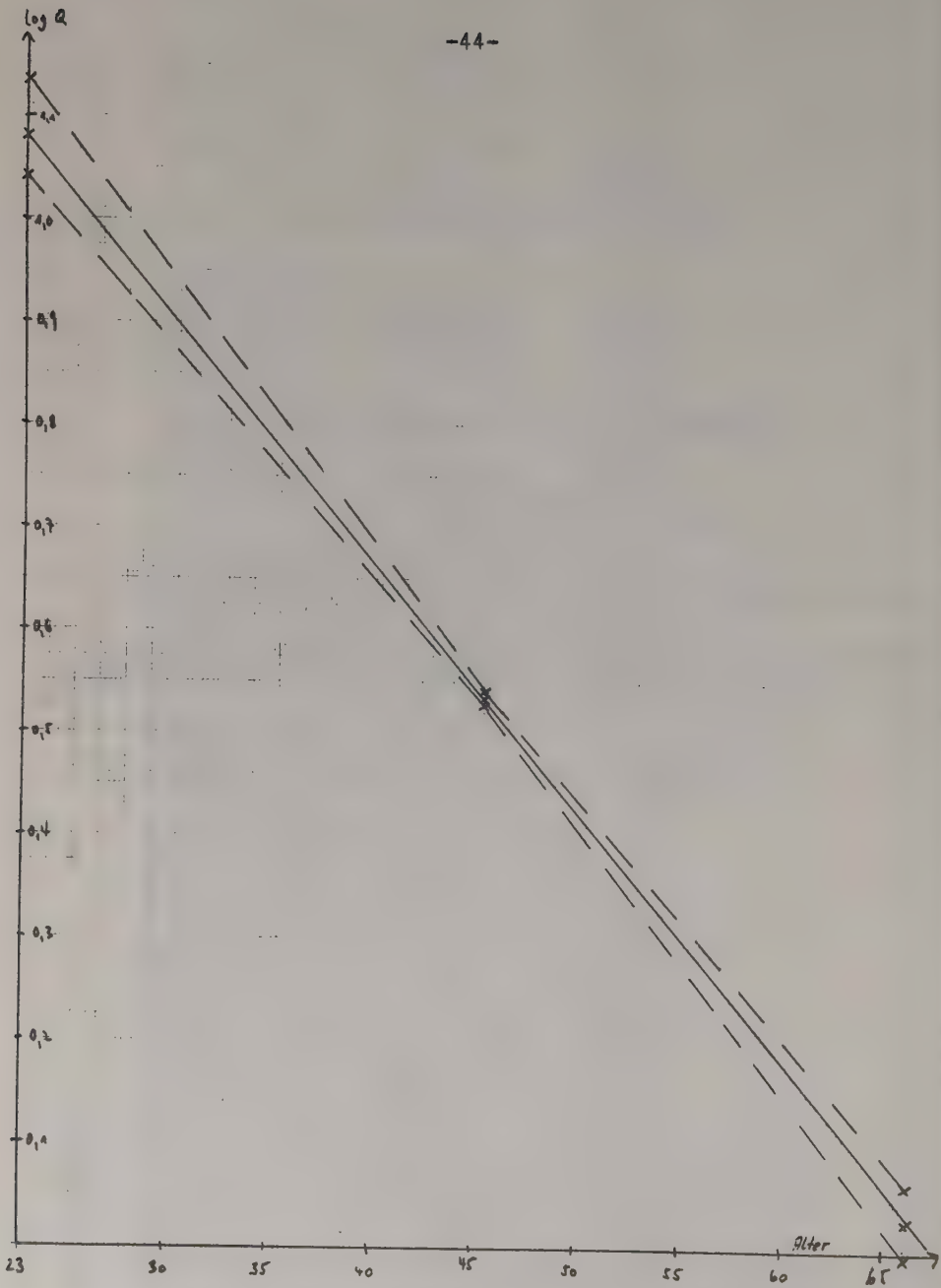
$$\begin{array}{lll} \text{für } \underline{x = 24} & n' = 56.28 & k_T \cdot s = 0.12 \\ & \underline{(\hat{y} - 0.12) \dots (\hat{y} + 0.12)} & \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{für } \underline{x = 67} & n' = 28.79 & k_T \cdot s = 0.12 \\ & (\hat{y} - 0.12) \dots (\hat{y} + 0.12) & \end{array}$$

Die nachfolgenden Seiten zeigen die Diagramme für die Meßwerte (S.43), den Vertrauensbereich (S.44) und den Toleranzbereich (S.45) der Regressionsfunktion 2.

Neben der ausgezeichneten Korrelation von $\log Q$ zum Alter weisen sowohl Vertrauensbereich wie Toleranzbereich Werte auf, die eine Verwendung der Regressionsgeraden 2 zur Altersbestimmung empfehlen.





-45-

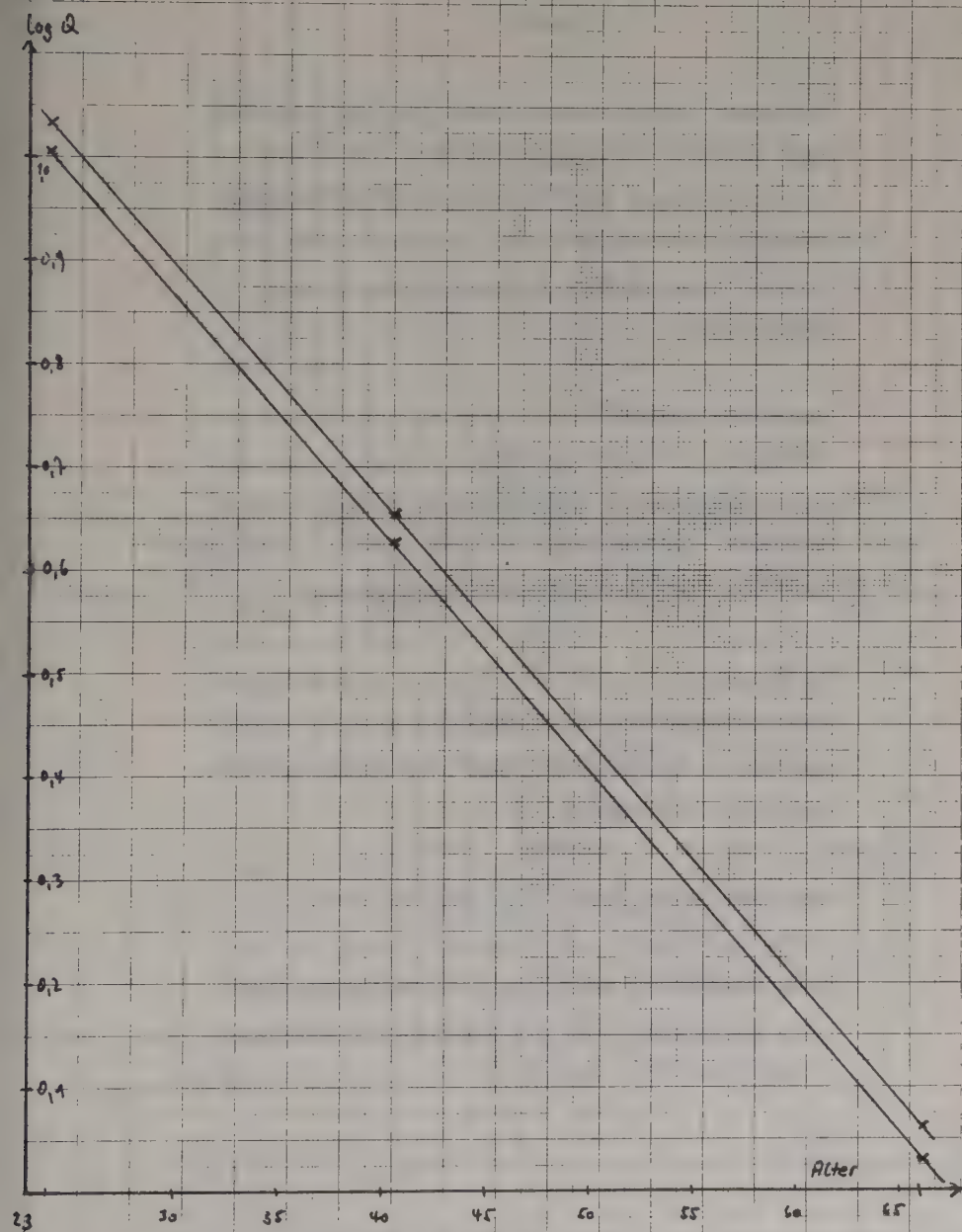


Diagramm 5 deutet darauf hin, daß die Streuung umso weniger breit wird, je mehr Zähne von einem Probanden zur Verfügung stehen. Um diese Annahme statistisch zu überprüfen, werden nachfolgend verschiedene Regressionsfunktionen untersucht.

Regressionsfunktion 3 beinhaltet nur Werte von Probanden mit drei bzw. mehr als drei Zähnen, wobei jeweils das arithmetische Mittel errechnet wird. Zugrunde gelegt wird die logarithmische Funktion im Sinne der Regressionsgeraden 2.

In Regressionsfunktion 4 werden alle Meßwerte der Probanden mit zwei Zähnen - genauer deren Durchschnittsquotient - auf ihre Abhängigkeit vom Alter untersucht.

Regressionsfunktion 5 schließlich enthält die Werte der restlichen Probanden, denen nur ein Zahn extrahiert wurde bzw. von denen nur ein Wert verwendbar war. Die Regressionsfunktionen 4 und 5 basieren ebenfalls auf der Formel von R^2 .

Regressionsfunktion 3

Die Regressionsgerade lautet

$$y = b_0 + b_1 x \quad \text{d.h.} \quad \log Q = b_0 + b_1 \cdot (\text{Alter})$$

Für die Berechnung werden folgende Hilfswerte benötigt:

$$\begin{aligned} S_x &= 717 & S_y &= 14.823 \\ S_{xx} &= 28595 & S_{yy} &= 12.382 \\ S_{xy} &= 527.49; n &= 19 \\ \bar{x} &= 37.737; \bar{y} &= 0.78 \\ s_{xx} &= 1537.685; s_{yy} &= 0.818 \\ s_{xy} &= -31.883; \\ b_1 &= -0.021; b_0 &= 1.575 \end{aligned}$$

Somit lautet die Regressionsgerade:

$$\begin{aligned} y &= 1.575 - 0.021 x \\ \text{d.h.} \quad \log Q &= 1.575 - 0.021 \cdot (\text{Alter}) \\ &===== \end{aligned}$$

Diese Schätzfunktion gilt nur für x -Werte aus dem tatsächlich untersuchten Bereich.

Die Varianz errechnet sich zu

$$s_r = 0.00923$$

=====

Der Korrelationskoeffizient errechnet sich zu

$$r = -0.899$$

=====

Vertrauensbereiche der Regressionsfunktion 3

Der Bereich

$$b_0 - 0.036 \leq b_0 \leq b_0 + 0.036$$

=====

enthält bei einem Freiheitsgrad $f=n-2=17$ und einer statistischen Sicherheit $S=1-\alpha=99.9\%$ den Regressionskoeffizienten b_0 der Regressionsgeraden 3.

Der Bereich

$$b_1 - 0.001 \leq b_1 \leq b_1 + 0.001$$

=====

enthält bei gleichem Freiheitsgrad und gleicher statistischer Sicherheit den Regressionskoeffizienten b_1 der Regressionsgeraden 3.

Der Vertrauensbereich für die Gerade lautet somit

d.h. $y = (1.575 \pm 0.036) - (0.021 \pm 0.001)x$
 $\log Q = (1.575 \pm 0.036) - (0.021 \pm 0.001)\text{Alter}$
 =====

Zweiseitig abgegrenzter Toleranzbereich
für y der Regressionsfunktion 3

Der Bereich $(\bar{y} - k_T \cdot s) \dots (\bar{y} + k_T \cdot s)$
 mit $k_T = r(n'; 1-\gamma) \cdot v(n-2; 1-\alpha)$ enthält mit
 der Sicherheit $S=1-\alpha$ (entsprechend 95%) den
 Anteil $(1-\gamma)$ (entsprechend 90%) der Vertei-
 lung von y, falls $n \geq 5$ ist.

Es ergeben sich folgende y-Werte:

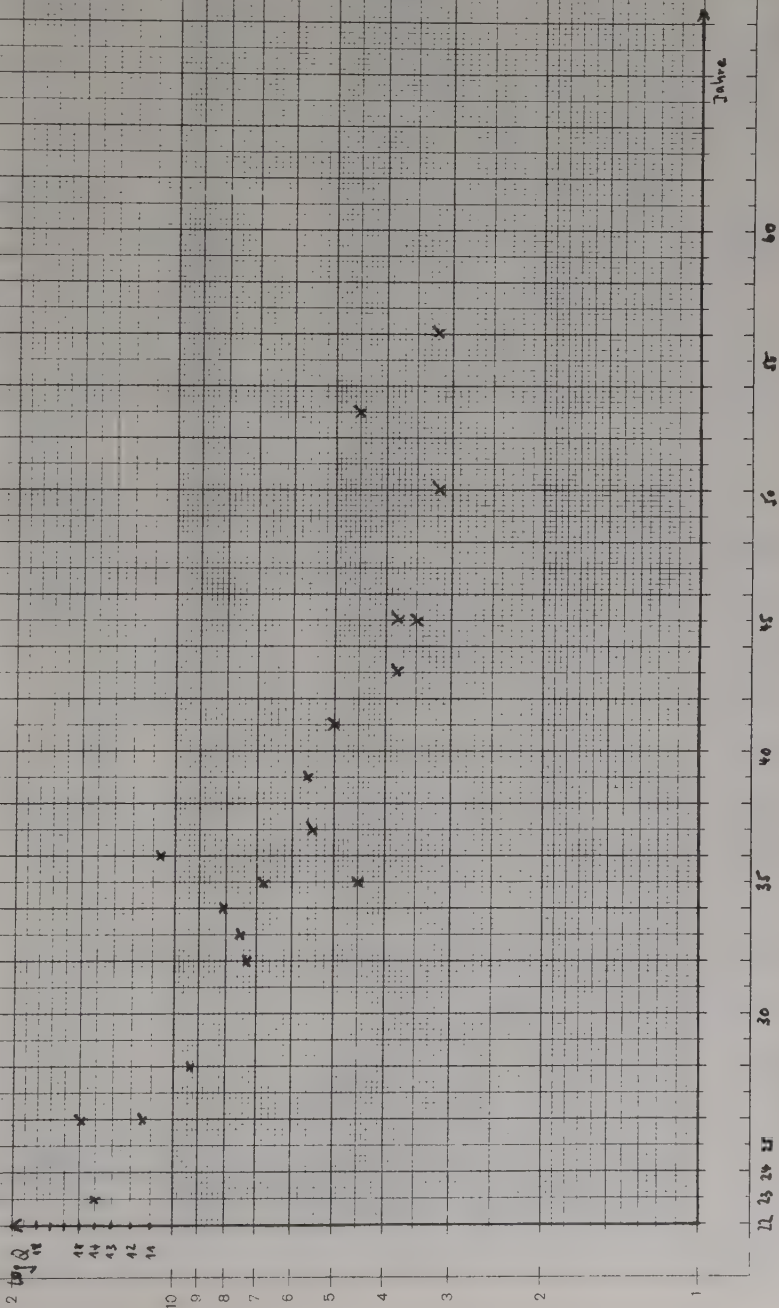
für $x = \bar{x}$ $n' = n = 19; k_T \cdot s = 0.022$
 $(\bar{y} - 0.022) \dots (\bar{y} + 0.022)$

für $x = 23$ $n' = 5.158; k_T \cdot s = 0.023$
 $(\bar{y} - 0.023) \dots (\bar{y} + 0.023)$

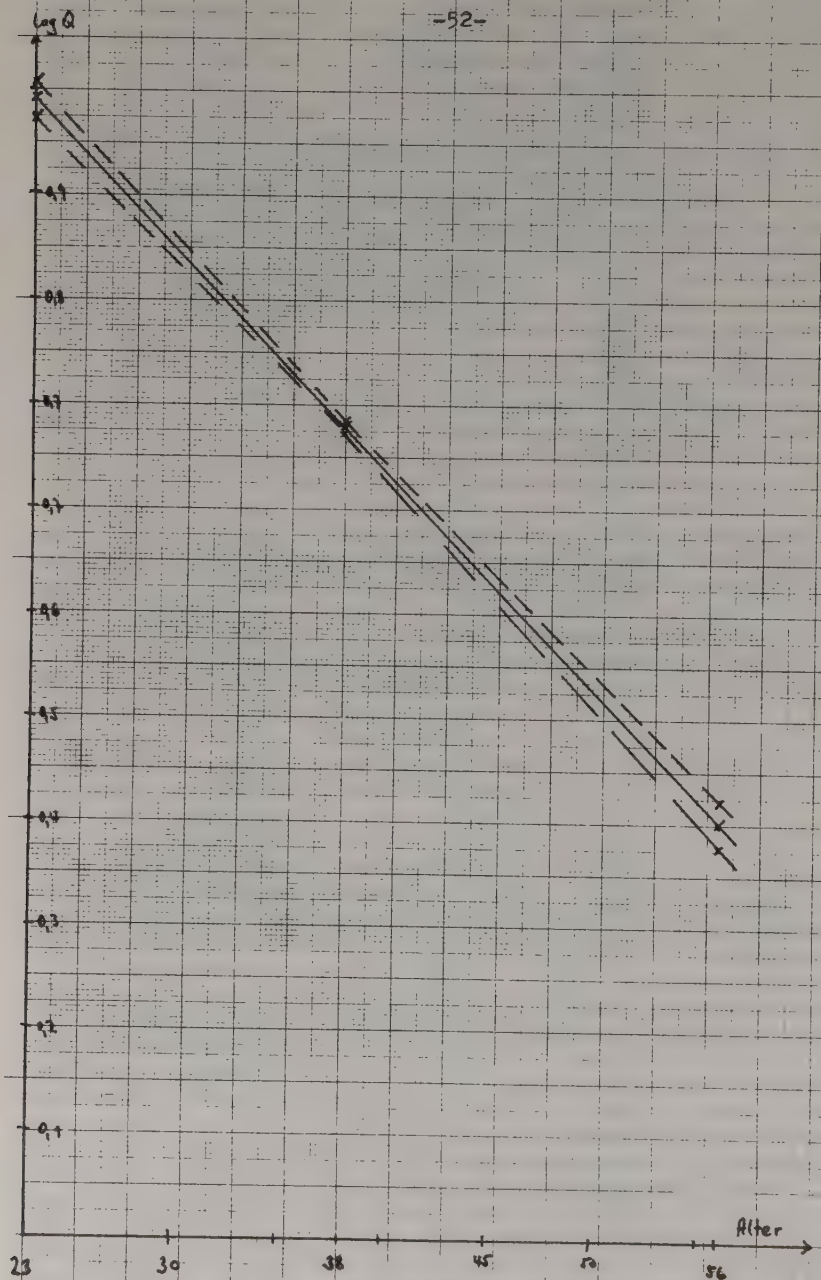
für $x = 56$ $n' = 3.71; k_T \cdot s = 0.024$
 $(\bar{y} - 0.024) \dots (\bar{y} + 0.024)$

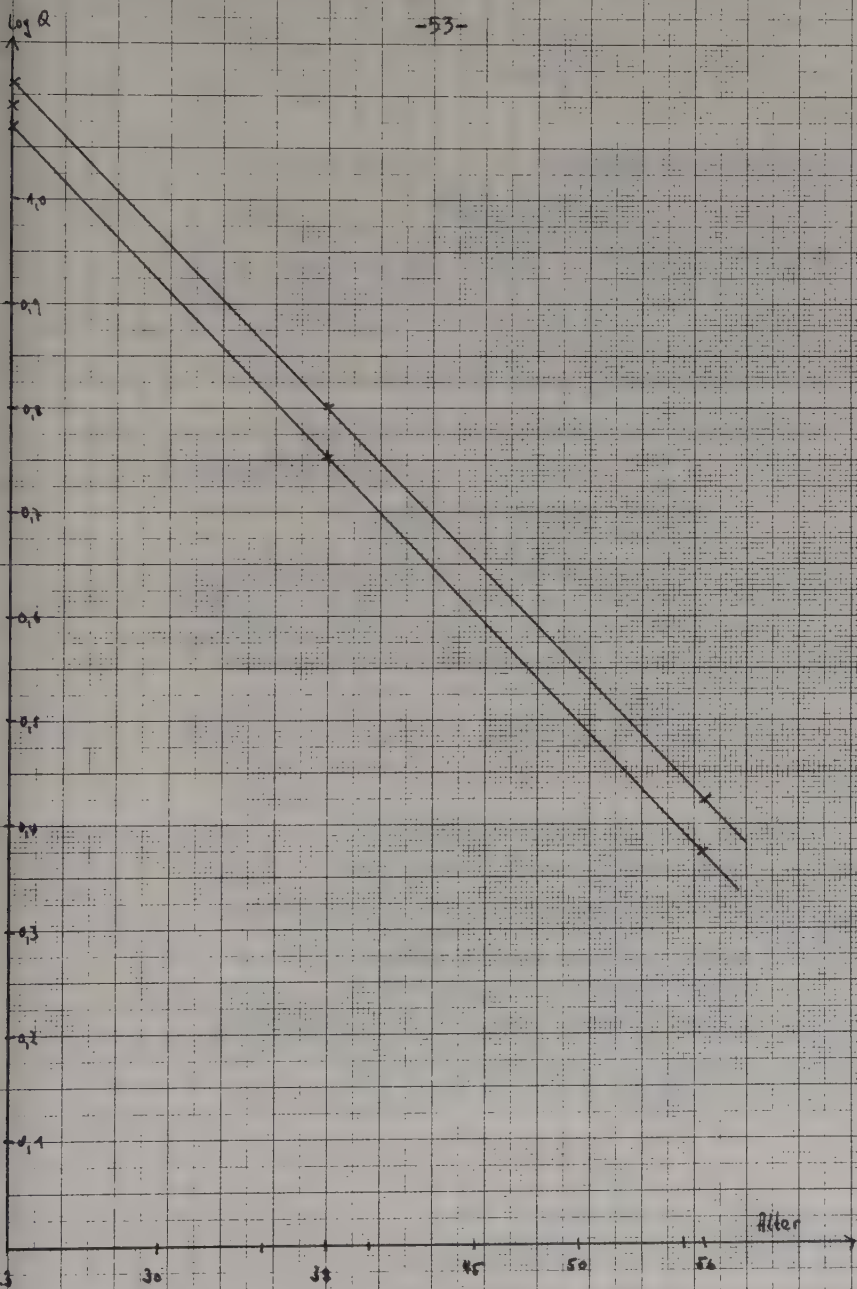
Die nachfolgenden Seiten zeigen die Diagramme für die Meßwerte (S.51), den Vertrauensbereich (S.52) und den Toleranzbereich (S.53) der Regressionsfunktion 3.

-51-



-52-





Regressionsfunktion 4

Die Regressionsgerade lautet

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad \text{d.h.} \quad \log Q = b_0 + b_1 \cdot (\text{Alter})$$

Für die Berechnung werden folgende Hilfswerte benötigt:

$$\begin{array}{llll} S_x & = & 943 & ; \quad S_y = 14.84 \\ S_{xx} & = & 45195 & ; \quad S_{yy} = 11.948 \\ S_{xy} & = & 546.225 & ; \quad n = 22 \\ \bar{x} & = & 42.864 & ; \quad \bar{y} = 0.675 \\ s_{xx} & = & 4774.591 & ; \quad s_{yy} = 1.938 \\ s_{xy} & = & -89.87 & \\ b_1 & = & -0.019 & ; \quad b_0 = 1.489 \end{array}$$

Somit lautet die Regressionsgerade:

$$\begin{array}{l} \text{d.h.} \quad y = 1.489 - 0.019 x \\ \log Q = 1.489 - 0.019 \cdot (\text{Alter}) \\ \text{=====} \end{array}$$

Diese Schätzfunktion gilt nur für x-Werte aus dem tatsächlich untersuchten Bereich.

Die Varianz errechnet sich zu

$$s_r = 0.0123$$

=====

Der Korrelationskoeffizient errechnet sich zu

$$r = -0.934$$

=====

Vertrauensbereiche der Regressionsfunktion 4

Der Bereich

$$b_0 - 0.031 \leq b_0 \leq + 0.031$$

=====

enthält bei einem Freiheitsgrad $f=n-2=20$ und einer statistischen Sicherheit $S=1- =99.9\%$ den Regressionskoeffizienten b_0 der Regressionsgeraden 4.

Der Bereich

$$b_1 - 0.001 \leq b_1 \leq b_1 + 0.001$$

=====

enthält bei gleichem Freiheitsgrad und gleicher statistischer Sicherheit den Regressionskoeffizienten b_1 der Regressionsgeraden 4.

Der Vertrauensbereich für die Gerade lautet somit

$$\begin{aligned} \text{d.h.} \quad y &= (1.489 \pm 0.031) - (0.019 \pm 0.001)x \\ \log Q &= (1.489 \pm 0.031) - (0.019 \pm 0.001) \cdot \text{Alter} \\ &===== \end{aligned}$$

Zweiseitig abgegrenzter Toleranzbereich
für y der Regressionsfunktion 4

Der Bereich $(\hat{y} - k_T \cdot s) \dots (\hat{y} + k_T \cdot s)$
 mit $k_T = r(n'; 1-\gamma) \vee (n-2; 1-\alpha)$ enthält mit
 der Sicherheit $S=1-\alpha$ (entsprechend 95%) den
 Anteil $(1-\gamma)$ (entsprechend 90%) der Vertei-
 lung von y, falls $n \geq 5$ ist.

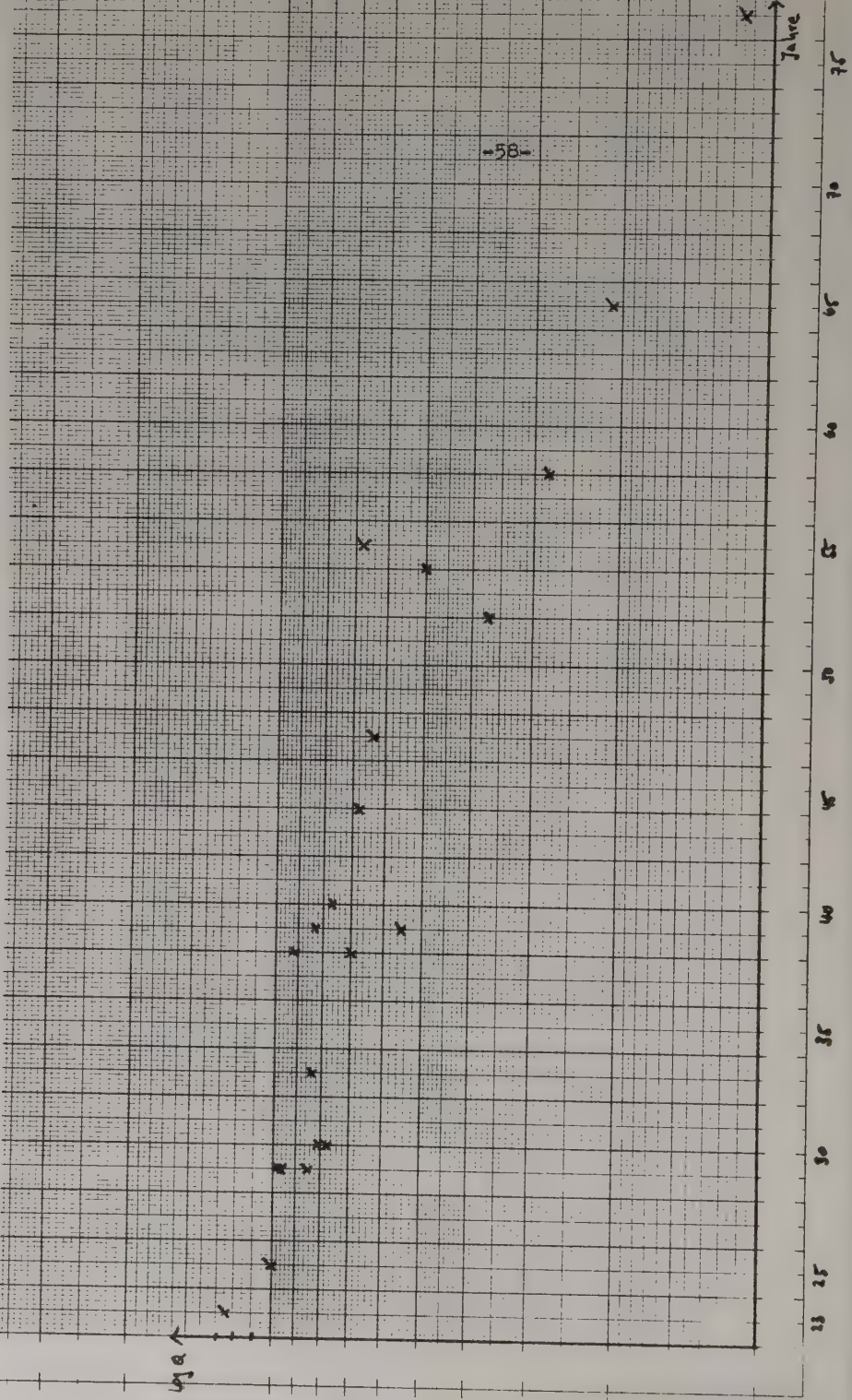
Es ergeben sich folgende y-Werte:

$$\begin{aligned} \text{für } \underline{x = \bar{x}} \quad n' = n = 22; \quad k_T \cdot s &= 0.028 \\ &\underline{(\hat{y} - 0.028) \dots (\hat{y} + 0.028)} \end{aligned}$$

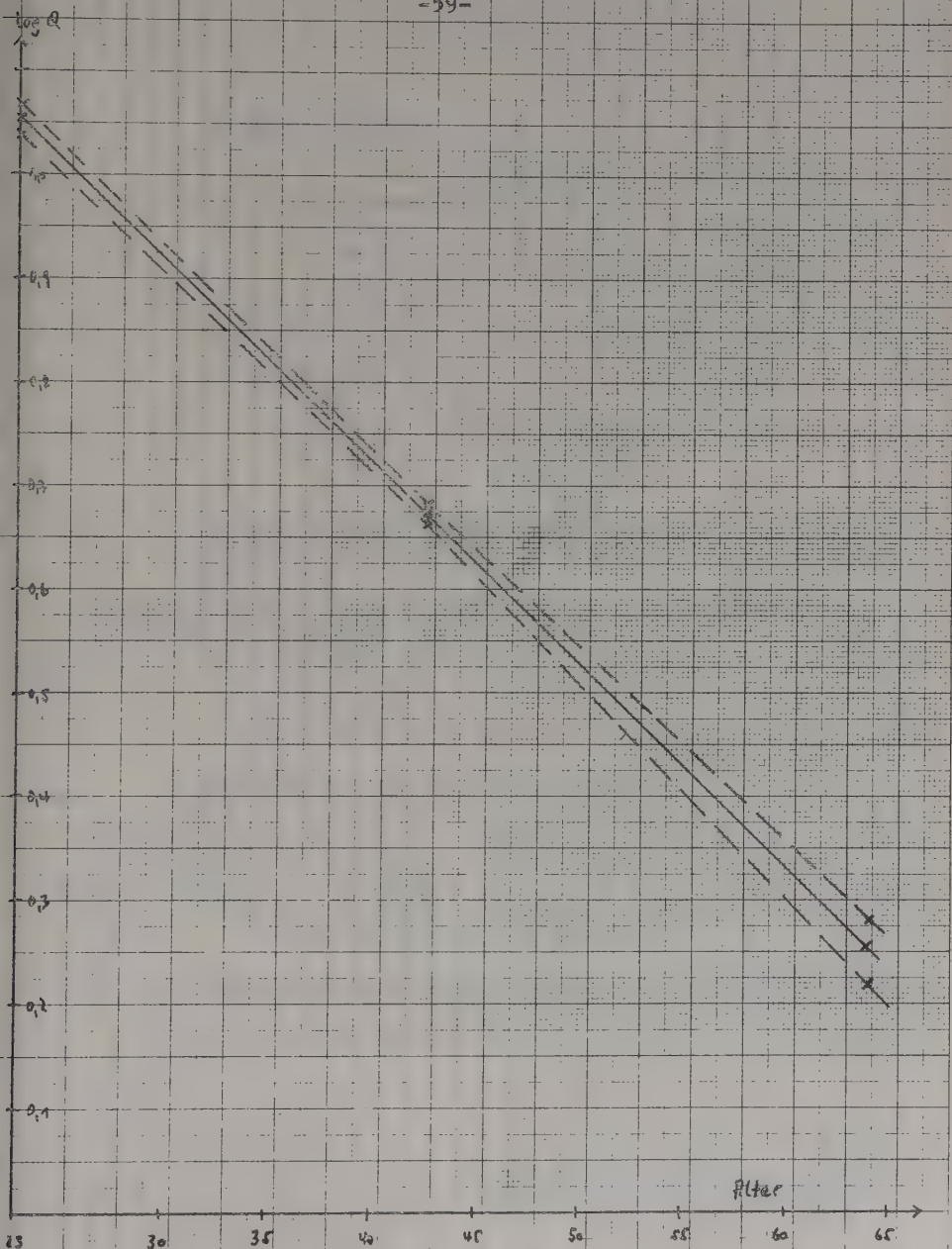
$$\begin{aligned} \text{für } \underline{x = 23} \quad n' = 7.8; \quad k_T \cdot s &= 0.029 \\ &\underline{(\hat{y} - 0.029) \dots (\hat{y} + 0.029)} \end{aligned}$$

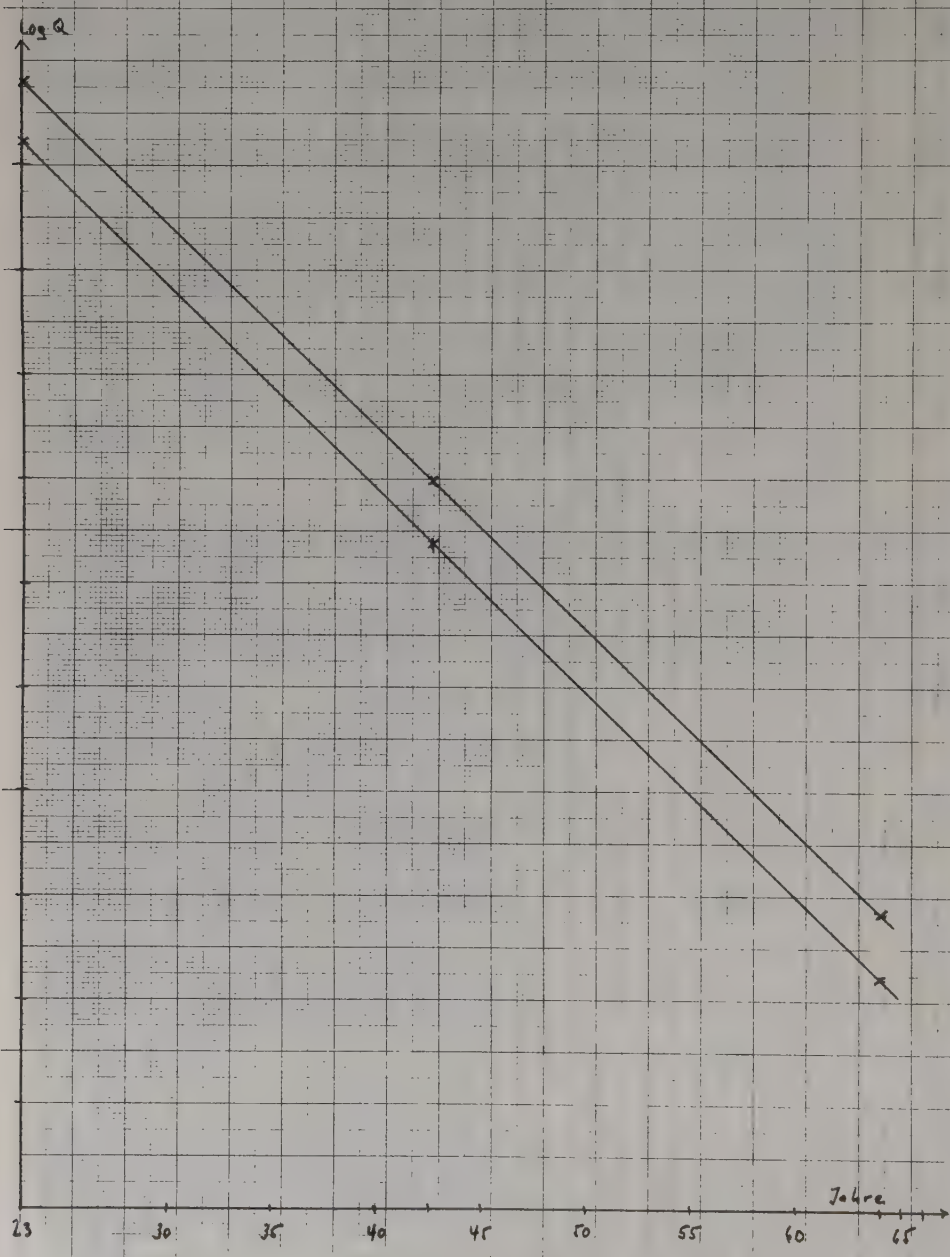
$$\begin{aligned} \text{für } \underline{x = 77} \quad n' = 3.5; \quad k_T \cdot s &= 0.031 \\ &\underline{(\hat{y} - 0.031) \dots (\hat{y} + 0.031)} \end{aligned}$$

Die nachfolgenden Seiten zeigen die Diagramme für die Meßwerte (S.58), den Vertrauensbereich (S.59) und den Toleranzbereich (S.60) der Regressionsfunktion 4.



-59-





Regressionsfunktion 5

Die Regressionsgerade lautet

$$y = b_0 + b_1 x \quad \text{d.h.} \quad \log Q = b_0 + b_1 \cdot (\text{Alter})$$

Für die Berechnung werden folgende Hilfswerte benötigt:

$$\begin{aligned} S_x &= 1808 & ; & S_y = 15.642 \\ S_{xx} &= 98663 & ; & S_{yy} = 11.8928 \\ S_{xy} &= 596.83 & ; & n = 36 \\ \bar{x} &= 50.22 & ; & \bar{y} = 0.4345 \\ s_{xx} &= 7861.223 & ; & s_{yy} = 5.096 \\ s_{xy} &= -188.746 \\ b_0 &= 1.64 & ; & b_1 = -0.024 \end{aligned}$$

Somit lautet die Regressionsgerade:

$$\begin{aligned} y &= 1.64 - 0.024 x \\ \text{d.h.} \quad \log Q &= 1.64 - 0.024 \cdot (\text{Alter}) \\ &===== \end{aligned}$$

Diese Schätzfunktion gilt nur für x-Werte aus dem tatsächlich untersuchten Bereich.

Die Varianz errechnet sich zu

$$s_r = 0.0165$$

=====

Der Korrelationskoeffizient errechnet sich zu

$$r = -0.943$$

=====

Vertrauensbereiche der Regressionsfunktion 5

Der Bereich

$$b_0 - 0.035 \leq b_0 \leq b_0 + 0.035$$

=====

enthält bei einem Freiheitsgrad $f=n-2=34$ und einer statistischen Sicherheit $S=1-\alpha=99.9\%$ den Regressionskoeffizienten b_0 der Regressionsgeraden 5.

Der Bereich

$$b_1 - 0.001 \leq b_1 \leq b_1 + 0.001$$

=====

enthält bei gleichem Freiheitsgrad und gleicher statistischer Sicherheit den Regressionskoeffizienten b_1 der Regressionsgeraden 5.

Der Vertrauensbereich für die Gerade lautet somit

$$\begin{aligned} \text{d.h.} \quad y &= (1.64 \pm 0.35) - (0.024 \pm 0.001)x \\ \log Q &= (1.64 \pm 0.35) - (0.024 \pm 0.001) \cdot \text{Alter} \\ &===== \end{aligned}$$

Zweiseitig abgegrenzter Toleranzbereich
für y der Regressionsfunktion 5

Der Bereich $(\bar{y} - k_T \cdot s) \dots (\bar{y} + k_T \cdot s)$
 mit $k_T = r(n'; 1-\gamma) \cdot \sqrt{n-2; 1-\alpha}$ enthält mit
 der Sicherheit $S=1-\alpha$ (entsprechend 95%) den
 Anteil $(1-\gamma)$ (entsprechend 90%) der Verteilung von y, falls $n \geq 5$ ist.

Es ergeben sich folgende y-Werte:

$$\begin{aligned} \text{für } \underline{x} = \bar{x} \quad n' = n = 36; \quad k_T \cdot s &= 0.0342 \\ &\underline{(\bar{y} - 0.034) \dots (\bar{y} + 0.034)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{für } \underline{x} = 23 \quad n' &= 8.19; \quad k_T \cdot s = 0.0358 \\ &\underline{(\bar{y} - 0.036) \dots (\bar{y} + 0.036)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{für } \underline{x} = 76 \quad n' &= 33.19; \quad k_T \cdot s = 0.03426 \\ &\underline{(\bar{y} - 0.034) \dots (\bar{y} + 0.034)} \end{aligned}$$

Die nachfolgenden Seiten zeigen die Diagramme für die Meßwerte (S.65), den Vertrauensbereich (S.66) und den Toleranzbereich (S.67) der Regressionsfunktion 5.

log

-65-

Jahre

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

75

80

log

-65-

Jahre

25

30

35

40

45

50

55

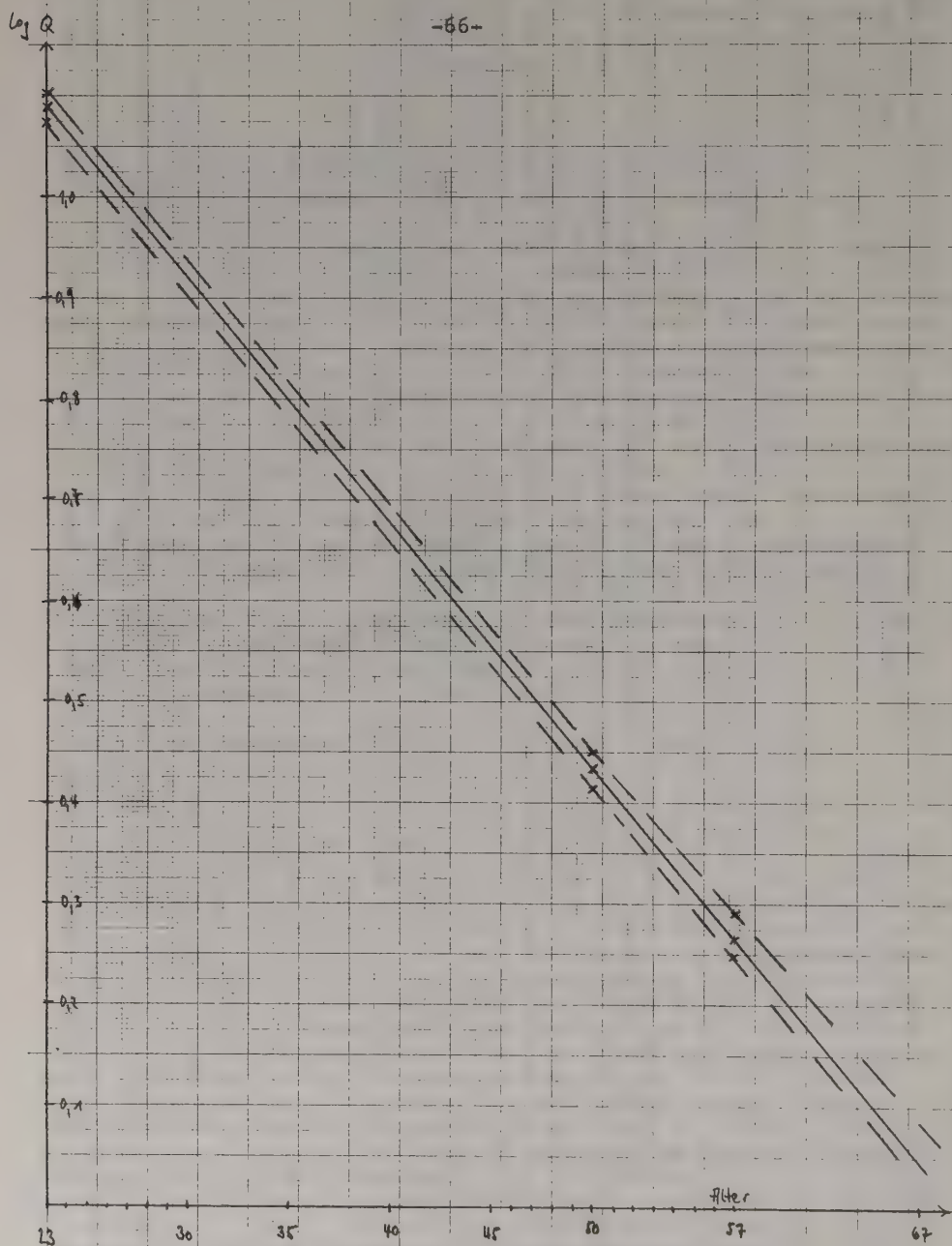
60

65

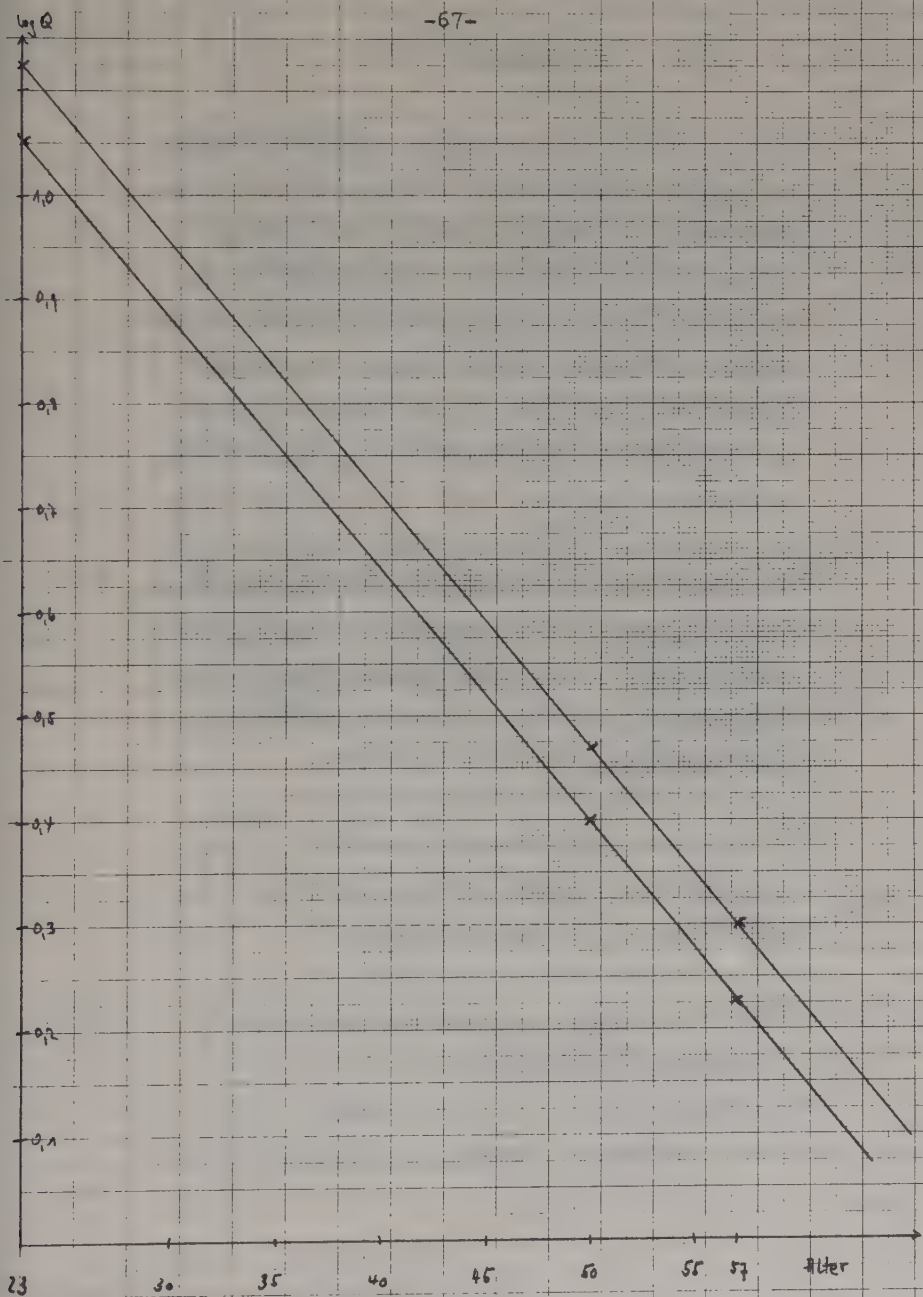
70

75

80



-67-



Ziel der statistischen Untersuchungen war einmal, den mathematischen Beweis zu liefern für die Annahme, daß die beiden veränderlichen Größen Pulpenlänge und Wurzeldentintransparenz in Abhängigkeit zum Alter stehen. Zum anderen sollte untersucht werden, ob das Ergebnis verbessert werden kann, wenn jeweils von einem Probanden mehrere Zähne zur Verfügung stehen, deren Durchschnittswert errechnet wird. Schließlich sollte mit Hilfe einer Reziprokwertfunktion einerseits und einer logarithmischen Funktion andererseits die Abhängigkeit von Q zum Alter linear dargestellt werden. Auf die Ergebnisse dieser Fragestellungen wird in der anschließenden Diskussion näher eingegangen.

V Diskussion

Den Nachweis, daß eine Altersbestimmung anhand von Zahnschliffen möglich ist, erbrachte bereits die mehrfach erwähnte Arbeit von Falter (5), in der eine objektive Methode vorgestellt wurde, bei der subjektive Beurteilungen ausgeschaltet wurden und nur meßbare Werte zur Anwendung gelangten.

Die vorliegende Arbeit basiert im Wesentlichen auf dieser Methode und behandelt die noch offen gebliebenen Probleme:

1. Abdeckung eines möglichst großen Altersbereiches.

Die von Falter untersuchten Fälle umfassen den Bereich von ca. 40 bis 75 Jahren. Besitzt die Methode auch Gültigkeit für Jahrgänge zwischen ca. 20 bis 40 Jahren oder werden dafür weitere Parameter benötigt?

2. Verwendung von gesunden Zähnen.

Falter verwendete nur extrahierte Zähne lebender Personen. Der Möglichkeit der Extraktion von Zähnen an

leichen kommt dabei besondere Bedeutung zu: bei lebenden Personen jüngerer Jahrgänge fallen sehr wenig Zähne zur Extraktion an; nur bei Leichen können einwandfrei gesunde Zähne extrahiert werden.

3. Erhöhung der Anzahl von Fällen.

Die Anzahl der bei Falter untersuchten Zähne von $n = 39$ wurde in dieser Arbeit auf 103 untersuchte Zahnschliffe erhöht.

Mit der vorliegenden Arbeit wird der Altersbereich zwischen 23 und 56 Jahren gut abgedeckt. In Diagramm 6 sind zusätzlich zu den eigenen Fällen die Werte von Falter mit aufgetragen. Es zeigt sich, daß diese Werte in die durch die Punkte angedeutete Kurve einwandfrei integrierbar sind. Dies ist als Beweis dafür anzusehen, daß ein eigenes Ermessen des Untersuchenden - wie es bei der Methode nach Gustafson (8) eine erhebliche und zugegebene Rolle spielt - hier nicht zum Tragen kommt. Diese Tatsache erlaubt es, die übernommenen Werte in die weiteren Untersuchungen miteinzubeziehen, so daß ein Spektrum

von 23 bis 77 Jahren umfaßt wird. Zwei Schwierigkeiten dürfen hier nicht unerwähnt bleiben:

1. Bei jungen Jahrgängen zeigt sich in einigen Fällen überhaupt keine Transparenz des Wurzel-dentins (lfd. Nr. 5,9,12,31). Nr. 31 weist ein Alter von 29 Jahren auf, während andererseits bei Probanden mit 23 Jahren bereits eine recht erhebliche Transparenz gemessen wurde. Hierdurch zeigt sich die Notwendigkeit, einen zweiten Parameter heranzuziehen.
2. Ab ca. dem 60. Lebensjahr verflacht die Kurve zusehends und nähert sich der Abszisse asymptotisch; eine Altersabgrenzung ab 60 Jahren aufwärts kann daher nur mehr vage gewagt werden.

Im übrigen ist die abfallende Tendenz der Werte für $Q = \text{Pulpenlänge} : \text{Transparenz}$ gegenüber dem Alter ganz eindeutig erkennbar. Die Spearmansche Rangkorrelation von 0.835 beweist die direkte Abhängigkeit des Q vom Alter.

Die Kurve von annähernd der Form einer Hyperbel (Diagramm 6) ist nur schlecht zum Ablesen bestimmter Punkte geeignet. Mit den Regressions-

funktionen (RF) 1 (Reziprokwerte des Alters) bzw. 2 (logarithmische Funktion mit $\log Q$) sollte eine lineare Ablesefunktion gesucht werden.

Zwar zeigt RF1 ebenso wie RF 2 eine lineare Abhängigkeit der Zielgröße von der Einflußgröße, doch muß RF 1 aufgrund des schlechten Vertrauens- und Toleranzbereiches verworfen werden.

Das Ergebnis der RF 2 dagegen mit einer Varianz von 0.067, einem Korrelationskoeffizienten von -0.937 und - verglichen mit RF 1 - überraschend kleinen Vertrauens- und Toleranzbereichen muß als außerordentlich gut bezeichnet werden.

Die weiteren statistischen Untersuchungen wurden deshalb nur noch mit den entsprechenden logarithmischen Funktionen durchgeführt.

RF 3, 4 und 5 dienten der Überprüfung, ob das Ergebnis der RF 2 verbessert werden kann, wenn von einem Individuum mehrere Zähne verwendet werden.

In RF 3 wurden die Durchschnittswerte für Q von Probanden verwendet, von denen drei oder mehr Zahnschliffe zur Verfügung standen; in RF 4 gilt Entsprechendes für Probanden mit zwei Zähnen, RF 5 beinhaltet den Rest der Probanden.

Trotz der geringen Anzahl von $n=19$ bzw. $n=22$ wiesen die Regressionsgeraden 3 und 4 einen noch engeren Vertrauensbereich auf als Funktion 2, die Restvarianzen waren ebenfalls kleiner. Die Toleranzbereiche allerdings - berechnet und dargestellt mit der gleichen statistischen Sicherheit und die entsprechenden Anteile der Verteilung von y enthaltend wie Funktion 2 - erwiesen sich als schlechter. Die Unterschiede sind jedoch relativ gering.

Der Vertrauensbereich für RF 5 war - wenn auch geringfügig - vor allem bei $\bar{x}$ weiter gesteckt als bei RF 3 und 4. Erstaunlicherweise ergab sich auch hier eine günstigere Varianz als bei RF 2.

Die Tatsache berücksichtigend, daß sowohl RF 3 wie auch RF 4 weit weniger Werte enthalten als

die ursprüngliche RF 2, aus der sie aufgegliedert wurden, müssen die Ergebnisse dieser beiden Funktionen - mit den sich ergebenden Konsequenzen für die statistische Sicherheit - als sehr gut bezeichnet werden.

Dies berechtigt zu der Aussage, daß bei einer Altersbestimmung nach der beschriebenen Methode die Richtigkeit des Ergebnisses umso günstiger beurteilt werden kann, je mehr Zähne von einem Probanden zur Verfügung stehen.

Zur Frage der Aufstellung einer Ablesegeraden ist zu sagen, daß die Teilfunktionen 3, 4 und 5 sowohl in Steigung wie in Achsenabschnitt nur unwesentlich von der Ursprungsfunktion 2 abweichen:

RF 2	$y = 1.57 - 0.023x$
RF 3	$y = 1.58 - 0.021x$
RF 4	$y = 1.49 - 0.019x$
RF 5	$y = 1.64 - 0.024x$

Obwohl die Geraden der Teilfunktionen 3 und 4 einen kleineren Vertrauensbereich aufweisen als

die Regressionsgerade 2, sollte dennoch diese als Ablesegerade herangezogen werden, da ihre Aufstellung auf sehr viel mehr Werten basiert.

Dem Gerichtsmediziner ist somit eine Methode zur Altersbestimmung an Zähnen in die Hand gegeben, die schnell, objektiv und ohne besondere Fertigkeiten durchführbar ist. Das Alter kann dabei in einem Spektrum von ca. 20 bis 60 Jahren auf mindestens ± 5 Jahre Genauigkeit angegeben werden.

VI Literaturverzeichnis

- 1 Bang / Rumm -Determination of age in
humans from root dentin
transparency
in Acta odont. scand.,
1970;24
- 2 Endris -Sektionstechnik in der
forensischen Odontologie
in Archiv f. Kriminologie
1975; 5/6 Bd. 155
- 3 Euler -Mitarbeit des Zahnarztes
im Erkennungsdienst
in DZZ; 1955;23
- 4 Falter J. -Die kriminalpolizeiliche
Leichenbehandlung im Kata-
strophenfall
in Kriminalistik; 1961;15
- 5 Falter G. -Altersbestimmung an Zähnen
zur Identifizierung unbe-
kannter Toter
Dissertationsschrift,
München, 1974
- 6 Freihofer -Altersbestimmung bei Leichen
auf Grund von Zahnbefunden
in Schweiz. Monatsschrift f.
Zahnheilkunde; 1972;10
- 7 Förster / Happel -Untersuchungen zur Alters-
bestimmung des Menschen auf-
grund des Mineralisations-
grades des Zahndentins
in Dtsche Zeitschrift f.
gerichtl. Medizin; 1959;48

- 8 Gustafson
 - Forensic oral pathology
in Oral pathology Vol II
Mosby Comp.; St. Louis
 - Altersbestimmung an Zähnen
in DZZ; 1955;23
 - Die Bestimmung des Alters
von unbekannten Toten durch
den Zahnarzt
in Archiv f. Kriminologie;
1956;117
- 9 Hühn
 - Kritischer Bericht und Er-
fahrungen bei der Identifi-
zierung der Leichen des
Flugzeugabsturzes vom 3.12.72
auf Teneriffa durch die foren-
sische Odontologie
Bericht des BLKA München; n.v.
- 10 Keil
 - Grundsätze der Odontologie
ersch. in Berlin; 1966
- 11 Liesegang
 - Zur Kalkchemie des Zahnes
in Dtsche zahnärztl. Wochen-
schrift; 1924;9
- 12 May
 - Untersuchungen über die Mög-
lichkeit einer objektiven
Altersbestimmung durch Messung
des Aschengehaltes der Zähne
in Stoma(Heidelberg); 1952;2
- 13 Miles
 - Dentition in the Estimation
of Age
in J.dent.Res.Supplement;
1963;42
- 14 Pedersen /
Keiser-Nielsen
 - Gerichtsodontologie
in Kriminalistik; 1962;10
auszugsw. übersetzt

- 15 Plathner -Die Physiologie der Dentitionen in Grundlagen der Kariologie u. Endodontie; München; 1969
- 16 Reh / Schübel -Zur Identifizierung der Bartsch-Opfer in Kriminalistik; 1972;10
- 17 Schröder -Histologische Methoden in der forensischen Zahnheilkunde in Kriminalistik; 1971;8
- 18 Specht / Berg -Eine neue Technik als naturwissenschaftlicher Beitrag zur Altersbestimmung von Knochenfunden in Archiv f. Kriminologie; 1958; 1/2
- 19 Sutor -Eine korrelationstheoretische Berechnung zwischen Lebensalter der Zähne und der zunehmender Verkalkung in korresp. Blatt f. Zahnärzte; 1937;61
- 20 Thoma -Alters- und Geschlechtsbestimmung aus dem Gebiß in Kriminalstatistik; 1953;10
- 21 Wannemacher -Deutungsmöglichkeiten vom Stoffwechselvorgang im Schmelz und Dentin in Dtsche Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde; 1941;8
- 22 Zimmermann -Zahnheilkunde im Dienste der Kriminalpolizei in Taschenbuch f. Kriminalisten; 1955;V

Herrn Professor Dr. Liebhardt
gilt mein aufrichtiger Dank
für die Überlassung des Themas

Lebenslauf

Am 4. April 1947 wurde ich in Schongau/Lech geboren. Von 1953 bis 1957 besuchte ich die Volksschule an der Fürstenriederstraße in München, von 1957 bis 1967 das Adolf-Weber-Wirtschaftsgymnasium. Im Juni 1967 legte ich an dieser Schule die Reifeprüfung ab.

Vom Oktober 1967 bis März 1969 leistete ich meinen Grundwehrdienst.

Im Oktober 1969 legte ich beim Oberschulamt Nordwürttemberg die Ergänzungsprüfung in Latein - Kleines Latinum - ab.

Zum Wintersemester 1969/70 erfolgte meine Immatrikulation an der Ludwig-Maximilian-Universität zu München. Nach einem Semester Studium der Rechte erhielt ich die Zulassung zum Studium der Zahnmedizin. Im WS 71 bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung, im SS 72 die zahnärztliche Vorprüfung und im SS 75 das Staatsexamen.

Am 24. Juli 1975 erhielt ich die Approbation als Zahnarzt. Seit 1. August 1975 bin ich als Verwalter der Dienstgeschäfte eines wissenschaftlichen Assistenten an der Klinik und Poliklinik für Kieferchirurgie der Universitätszahnklinik München beschäftigt.

